

## EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL DAN BIAYA OPERASIONAL KENDARAAN PADA JALAN PANGLIMA SUDIRMAN – JALAN KH. HASAN GENGGONG – JALAN SERMA ABDURRAHMAN, KOTA PROBOLINGGO

Dian Agustiningrum<sup>1</sup>, Udi Subagyo<sup>2</sup>, Dwi Ratnaningsih<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, <sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup>dian.agustiningrum88@gmail.com, <sup>2</sup>udi\_subagyo@yahoo.com, <sup>3</sup>dwiratna.polinema@gmail.com

### ABSTRAK

Simpang bersinyal pada Jalan Panglima Sudirman – Jalan KH. Hasan Genggong – Jalan Serma Abdurrahman, Kota Probolinggo merupakan salah satu jalur transportasi darat untuk Jawa – Bali. Hal tersebut berpengaruh pada tundaan simpang yang mengakibatkan kemacetan dan biaya operasional kendaraan. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui tingkat pelayanan pada simpang tersebut. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari pengukuran geometrik jalan, survey lalu lintas, dan survey waktu sinyal yang dilakukan pada 9, 10, 14 Maret 2020. Sedangkan, data sekunder didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Probolinggo. Untuk pengolahan data menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997.

Dari hasil analisa kinerja simpang eksisting didapatkan tingkat pelayanan simpang masuk dalam kategori D dengan nilai tundaan (D) sebesar 30,43 detik/smp. Dari analisa tersebut diperlukan penanganan simpang dengan melakukan perubahan fase eksisting menjadi 2 fase. Dari perhitungan alternatif penanganan tersebut didapatkan nilai tundaan sebesar 11,83 detik/smp dan tingkat pelayanan masuk kategori B. Biaya operasional kendaraan terhadap kemacetan pada kondisi eksisting sebesar Rp. 440.241,354/jam. Sedangkan setelah dilakukan alternatif penanganan biaya operasional kendaraan terhadap kemacetan menjadi Rp. 170.758,206/jam.

**Kata kunci** : simpang bersinyal; tundaan simpang; tingkat pelayanan; biaya operasional kendaraan; kemacetan

### ABSTRACT

*Signalized Intersection on Jalan Panglima Sudirman – Jalan KH. Hasan Genggong – Jalan Serma Abdurrahman, Probolinggo is one of the land transportation routes for Java - Bali. This has an effect on delays that cause traffic jams and vehicle operating costs. Therefore, it needs to be evaluated to determine the level of service at the intersection. The data used in this study are primary data and secondary data. Primary data were obtained from road geometric measurements, traffic surveys, and signal time surveys conducted on 9, 10, 14 March 2020. Meanwhile, secondary data were obtained from Central Agency on Statistics (BPS) of Probolinggo. For data processing using the Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI) in 1997.*

*From the results of the analysis of the performance of the existing intersections, the level of intersection services included in category D with a delay value (D) of 30,43 sec/smp. From this analysis, the handling of intersections is needed by changing the existing phase into 2 phases. From the alternative handling calculation, the delay value of 11,83sec/smp and level of service included in category B. Vehicle operating costs for congestion in the existing conditions of Rp. 440.241,354/hour. Meanwhile, after an alternative handling of vehicle operating costs for congestion is Rp. 170.758,206/hour.*

**Keywords** : *signalized intersection; intersection delays; level of service; vehicle operational costs; congestion*

## 1. PENDAHULUAN

### Latar belakang

Jalan merupakan sarana transportasi darat yang dapat menghubungkan antara daerah yang satu dengan yang lain.

Perkembangan sarana transportasi saat ini semakin pesat hal itu diikuti oleh pertumbuhan pembangunan yang juga semakin meningkat. Semakin pesat pertumbuhan pembangunan dalam suatu daerah maka volume kendaraan

pada suatu ruas jalan juga akan semakin meningkat. Hal tersebut yang mengakibatkan kemacetan, bila tidak ditangani dengan baik.

Permasalahan kemacetan hingga kini merupakan permasalahan yang sangat sering kita temui di berbagai kota di Indonesia. Salah satu permasalahan tersebut juga dapat ditemui di Kota Probolinggo. Kota Probolinggo merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kota ini mengalami pertumbuhan pembangunan yang cukup pesat, seperti dengan melintasnya jalur jalan Tol Jakarta – Banyuwangi serta meningkatnya sektor pariwisata daerah.

Kota Probolinggo juga menjadi salah satunya jalur transportasi darat untuk Jawa – Bali, yang mengakibatkan meningkatnya volume kendaraan yang keluar – masuk ke kota ini tidak dapat dihindari. Salah satu contoh seperti yang terjadi pada simpang di Jalan Panglima Sudirman – Jalan KH. Hasan Genggong – Jalan Serma Abdurrahman yang terletak di Kota Probolinggo. Tundaan yang terjadi pada simpang mengakibatkan kemacetan dan berpengaruh pada biaya operasional kendaraan.

Berdasarkan latar belakang diatas penulis akan melakukan penelitian agar dapat mengatasi permasalahan tersebut.

### Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kinerja simpang bersinyal di Jalan Panglima Sudirman – Jalan KH. Hasan Genggong – Jalan Serma Abdurrahman pada kondisi eksisting.
2. Mengetahui biaya operasional kendaraan pada simpang bersinyal di Jalan Panglima Sudirman – Jalan KH. Hasan Genggong – Jalan Serma Abdurrahman pada kondisi eksisting, kotamadya probolinggo.
3. Mengetahui kinerja simpang setelah dilakukan alternatif penanganan untuk mengatasi permasalahan pada simpang bersinyal di Jalan Panglima Sudirman – Jalan KH. Hasan Genggong – Jalan Serma Abdurrahman, kotamadya probolinggo.
4. Mengetahui biaya operasional kendaraan setelah dilakukan alternatif penanganan untuk mengatasi permasalahan pada simpang bersinyal di Jalan Panglima Sudirman – Jalan KH. Hasan Genggong – Jalan Serma Abdurrahman, kotamadya probolinggo.

### Tinjauan terdahulu

Penelitian ini membahas manajemen lalu lintas simpang bersinyal pada simpang Kebonagung, kota Pasuruan. Hasil dari penelitian ini yaitu kondisi eksisting pada simpang kebonagung mengalami kemacetan, keadaan tersebut

didapatkan dari nilai tundaan rata – rata simpang sebesar 144,521 detik/smp dengan tingkat pelayanan simpang sangat rendah yaitu tingkat pelayanan F dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan. Berdasarkan perhitungan tersebut maka perlu dilakukan rekayasa lalu lintas pada simpang untuk memperbaiki kinerja simpang Kebonagung. Alternatif pertama yaitu mengatur ulang fase menjadi 3 fase dan mendapatkan nilai tundaan rata – rata simpang mencapai 24,561 detik/smp merupakan kelas C untuk tingkat pelayanan yang masih belum memenuhi persyaratan sesuai PM 96 tahun 2015. Alternatif kedua yaitu mengatur ulang fase menjadi 2 fase dan mendapatkan nilai tundaan rata – rata simpang sebesar 21,63 detik/smp termasuk kelas C untuk tingkat pelayanan simpang. Dan alternatif ketiga yaitu mengatur ulang fase tanpa arus belok kanan dan mendapatkan nilai tundaan rata – rata simpang sebesar 7,508 detik/smp dengan tingkat pelayanan simpang naik menjadi kelas B. Dan untuk biaya operasional kendaraan pada simpang mengalami penurunan nilai sebesar Rp. 406,333.21/jam dimana biaya operasional kendaraan kondisi eksisting yaitu sebesar Rp. 1,050,092.16/jam. (Moch. Asyrof Faizul Kholifie. 2019)

### Simpang bersinyal

Berdasarkan MKJI 1997 simpang bersinyal merupakan bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai sedemikian rupa sehingga mengatur pendistribusian lalu lintas. Analisa kinerja simpang bersinyal dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Berikut parameter arus lalu lintas yang merupakan faktor penting perencanaan lalu lintas simpang.

#### 1. Volume (Q)

Volume adalah jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama periode waktu tertentu. Volume kendaraan dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$Q = N / T$$

dimana:

Q = volume (kend/jam)

N = jumlah kendaraan (kend)

T = waktu pengamatan (jam)

#### 2. Kapasitas Simpang (C)

Kapasitas merupakan arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan dalam satuan smp/jam.

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

dimana:

S = arus jenuh nyata (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus (detik)

#### 3. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan yaitu rasio arus dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

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

dimana:

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas simpang (smp/jam)

4. Panjang Antrian (QL)

Jumlah rata – rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ<sub>1</sub>) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ<sub>2</sub>).

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

dengan

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right]$$

Jika DS > 0,5 selain dari itu NQ<sub>1</sub> = 0

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

dimana:

NQ<sub>1</sub> = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ<sub>2</sub> = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

c = waktu siklus (detik)

C = kapasitas (smp/jam) = S x GR

Q = arus lalu lintas pada pendekat (smp/detik)

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian NQ dengan luas rata-rata yang digunakan per smp dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}}$$

5. Tundaan (D)

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat dihitung menggunakan persamaan:

$$D = D_T + D_G$$

Tundaan lalu lintas (D<sub>T</sub>) rata – rata pada suatu pendekat ditentukan dari persamaan:

$$D_T = c \times \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C}$$

Tundaan geometrik (D<sub>G</sub>) rata – rata pada suatu pendekat dihitung menggunakan persamaan:

$$D_G = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} - 4)$$

keterangan:

GR = rasio waktu hijau

P<sub>SV</sub> = rasio kendaraan terhenti

P<sub>T</sub> = porsi kendaraan membelok pada suatu

pendekat

c = waktu siklus (detik)

NQ<sub>1</sub> = jumlah kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

6. Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan simpang adalah suatu ukuran kualitatif yang memberikan gambaran dari pengguna jalan mengenai kondisi lalu lintas. Menurut PM 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan pada persimpangan yaitu sebagai berikut:

- 1) Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan;
- 2) Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan;
- 3) Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan lebih dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan;
- 4) Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan;
- 5) Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan;
- 6) Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan.

#### Biaya operasional kendaraan (bok)

Menurut pedoman perhitungan biaya operasional kendaraan tahun 2005, biaya operasional kendaraan adalah biaya total yang dibutuhkan untuk mengoperasikan kendaraan pada suatu kondisi lalu lintas dan jalan untuk suatu jenis kendaraan per kilometer jarak tempuh. Biaya operasional kendaraan (BOK) terdiri dari dua komponen utama yaitu biaya tidak tetap (*variable cost* atau *running cost*) dan biaya tetap (*standing cost* atau *fixed cost*).

#### Biaya tidak tetap

Biaya tidak tetap merupakan biaya operasional kendaraan yang dibutuhkan untuk menjalankan kendaraan – kendaraan pada suatu kondisi lalu lintas dan jalan untuk suatu jenis kendaraan per kilometer jarak tempuh. Satuannya Rupiah per kilometer.

1. Biaya Tidak Tetap (BTT)

Biaya tidak tetap dihitung dengan menjumlahkan biaya konsumsi bahan bakar, biaya konsumsi oli, biaya konsumsi suku cadang, biaya upah tenaga pemeliharaan, dan biaya konsumsi ban seperti berikut:

$$BTT = B_iBBM_j + BO_i + BP_i + BU_i + BB_i$$

dimana:

BTT = Besaran biaya tidak tetap (Rupiah/km)

B<sub>i</sub>BBM<sub>j</sub> = Biaya konsumsi bahan bakar minyak (Rupiah/km)

BO<sub>i</sub> = Biaya konsumsi oli (Rupiah/km)

BP<sub>i</sub> = Biaya konsumsi suku cadang (Rupiah/km)

BU<sub>i</sub> = Biaya upah tenaga kerja pemeliharaan

- (Rupiah/km)
- $BB_i$  = Biaya konsumsi ban (Rupiah/km)
2. Biaya Konsumsi dan Bahan Bakar Minyak
- $$BiBBM_j = KBBM_i \times HBBM_j$$
- dimana:
- $BiBBM_i$  = Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (rupiah/km)
- $KBBM_i$  = Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter/km)
- $HBBM_j$  = Harga bahan bakar untuk jenis BBM j (rupiah/liter)
- i = Jenis kendaraan
- j = Jenis bahan bakar minyak
3. Biaya Oli (BOi)
- $$BO_i = KO_i \times HO_j$$

- dimana:
- $BO_i$  = Biaya konsumsi oli (rupiah /km)
- $KO_i$  = Konsumsi oli (liter/km)
- $HO_j$  = Harga oli (rupiah/liter)
- i = Jenis kendaraan
- j = Jenis oli
4. Biaya Konsumsi Suku Cadang (BPi)
- $$BP_i = P_i \times HKB_i / 1000000$$
- dimana:
- $BP_i$  = Biaya pemeliharaan kendaraan (Rp/km)
- $HKB_i$  = Harga kendaraan baru rata – rata (Rp)
- $P_i$  = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap harga kendaraan baru jenis i
- i = Jenis kendaraan
5. Biaya Upah Tenaga Pemeliharaan (BUi)

Biaya Upah Perbaikan Kendaraan untuk masing-masing jenis kendaraan dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

- $$BU_i = JP_i \times UTP / 1000$$
- dimana:
- $BU_i$  = Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)
- $JP_i$  = Jumlah jam pemeliharaan (jam/1000km)
- $UTP$  = Upah tenaga pemeliharaan (Rp/jam)

6. Biaya Ban (BBi)
- $$BB_i = KB_j \times HB_j / 1000$$
- dimana:
- $BB_i$  = Biaya konsumsi ban (rupiah/km)
- $KB_j$  = Konsumsi ban (EBB/1000km)
- $HB_j$  = Harga ban baru jenis j (rupiah/ban) baru
- i = Jenis kendaraan
- j = Jenis ban
7. Konsumsi Ban (KBi)

Konsumsi ban untuk masing-masing kendaraan dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut, yaitu:

$$KB_i = \chi + \delta_1 \times IRI + \delta_2 \times TT_R + \delta_3 \times DT_R$$

dimana:

- $\chi$  = Konstanta
- $\delta_1... \delta_3$  = Koefisien - koefisien parameter
- $TT_R$  = Tanjakan+turunan rata-rata
- $DT_R$  = Derajat tikungan rata-rata

### Biaya tetap

Menurut Anonim (2000), biaya tetap merupakan penjumlahan dari komponen – komponen yang terdiri dari biaya penyusutan kendaraan, biaya bunga modal, biaya asuransi, dan biaya bunga modal. Persamaan untuk biaya tetap dapat dilihat dibawah ini.

#### 1. Biaya Penyusutan Kendaraan

Biaya penyusutan yaitu biaya yang dikeluarkan atas penyusutan nilai kendaraan karena berkurangnya umur ekonomis. Persamaan biaya penyusutan kendaraan adalah sebagai berikut:

$$\text{Mobil penumpang} : Y = \frac{1}{2,5 S + 125}$$

$$\text{Bus} : Y = \frac{1}{6 S + 300}$$

$$\text{Truk} : Y = \frac{1}{6 S + 300}$$

dimana:

- Y = Penyusutan kendaraan per 1000 km, dikalikan dengan harga kendaraan
- S = Kecepatan rata – rata (km/jam)

#### 2. Biaya Bunga Modal

Biaya bunga modal adalah biaya yang dikeluarkan pengguna jalan untuk bunga modal dihitung berdasarkan besarnya pinjaman uang untuk pembelian kendaraan, baik pinjaman dari Bank atau pinjaman sendiri. Tingkat bunga dapat dihitung berdasarkan pada tingkat bunga kredit bank yang berlaku. Persamaan biaya modal adalah sebagai berikut:

$$\text{Mobil penumpang} : Y = \frac{150}{500 S}$$

$$\text{Bus} : Y = \frac{150}{2571,42857 S}$$

$$\text{Truk} : Y = \frac{150}{1714,28571 S}$$

dimana:

- Y = Suku bunga per 1000 km, dikalikan dengan ½ dari nilai kendaraan
- S = Kecepatan rata – rata (km/jam)

#### 3. Biaya Asuransi

Biaya asuransi adalah biaya asuransi kecelakaan yang dibayarkan kepada suatu perusahaan asuransi. Persamaan biaya asuransi kendaraan adalah sebagai berikut:

$$\text{Mobil penumpang} : Y = \frac{38}{500 S}$$

Bus :  $Y = \frac{60}{2571,42857 S}$

Truk :  $Y = \frac{61}{1714,28571 S}$

dimana:

Y = Biaya asuransi per 1000 km, dikalikan dengan nilai kendaraan

S = Kecepatan rata – rata (km/jam)

**Biaya kemacetan**

Biaya Kemacetan adalah biaya perjalanan akibat tundaan lalu lintas maupun tambahan volume kendaraan yang mendekati atau melebihi kapasitas pelayanan jalan (Nash, 1997, dalam Cahyani, 2000).

Rumusan model:

$$C = N \times \left[ GA + \left( 1 - \frac{A}{B} \right) V' \right] T$$

dimana:

- C = Biaya Kemacetan (Rupiah)
- N = Jumlah Kendaraan (Kendaraan)
- G = Biaya Operasional Kendaraan (Rp/Kend.Km)
- A = Kendaraan dengan Kecepatan existing (Km/Jam)
- B = Kendaraan dengan Kecepatan Ideal (Km/Jam)
- V' = Nilai Waktu Perjalanan Kendaraan Cepat (Rp./Kend.Jam)
- T = Jumlah Waktu Antrian (Jam)

**2. METODE**

**Metode pengambilan data**

Metode yang dilakukan untuk mendapatkan data volume kendaraan dan arus lalu lintas yaitu:

1. Menentukan lokasi penelitian
2. Persiapkan formulir survey dan alat – alat yang dibutuhkan, seperti alat tulis, *stopwatch* dan *counter*.
3. Waktu pengambilan data diambil pada jam puncak yaitu pada hari Senin, Selasa dan Sabtu dengan waktu survey dilakukan pada jam 08.00 – 11.00 WIB dan 13.00 – 17.00 WIB.

**Metode pengolahan data eksisting**

Langkah – langkah pengolahan data eksisting adalah mengolah data survey sebagai berikut:

1. Pengolahan data geometrik jalan
  - Menentukan klasifikasi fungsi jalan
  - Menentukan klasifikasi tipe jalan
  - Menentukan tipe lingkungan jalan
2. Pengolahan data lalu lintas
  - Pengelompokkan data volume kendaraan sesuai dengan jenis kendaraan
  - Menjumlahkan data volume kendaraan dari satuan kend/jam ke satuan smp/jam

- Penentuan jam puncak sesuai dengan nilai volume kendaraan terbesar
3. Pengolahan data hambatan samping
    - Menjumlahkan data hambatan samping sesuai dengan jenisnya pada tiap jam dan pendekat
    - Penentuan faktor bobot hambatan samping
  4. Pengolahan data waktu sinyal
    - Pengelompokkan data waktu merah, hijau, kuning, dan intergreen sesuai dengan lengan simpang
    - Membuat grafik sinyal untuk mengetahui waktu siklus dan *allred*

**Metode analisa dan pembahasan kinerja simpang bersinyal**

Analisa kinerja simpang dilakukan untuk mengetahui keadaan tingkat pelayanan sesungguhnya yang ada di lapangan yaitu dengan menghitung kapasitas simpang, derajat kejenuhan, panjang antrian dan tundaan simpang, data yang digunakan dari analisa simpang. Langkah perhitungan menggunakan formulir SIG – I hingga SIG – V.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengumpulan data**

Data yang diperlukan untuk penelitian ini terdiri dari 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan melakukan survey pada lokasi penelitian dan data sekunder didapatkan dari kepustakaan atau instansi yang sesuai dengan penelitian seperti jurnal penelitian dan data penduduk.

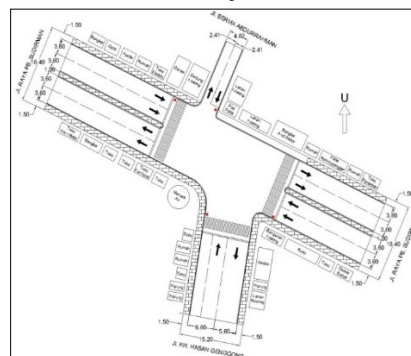
**Pengolahan data eksisting**

Data yang sudah didapatkan kemudian diolah menjadi data yang siap digunakan untuk perhitungan pada penelitian ini.

**Pengolahan data geometrik**

Mengolah data geometrik yang merupakan hasil dari survey lapangan sebagai berikut:

- Klasifikasi jalan : Arteri primer
- Kelandaian jalan : Datar



**Gambar 1.** Geometrik Simpang Eksisting

Sumber: data hasil survey

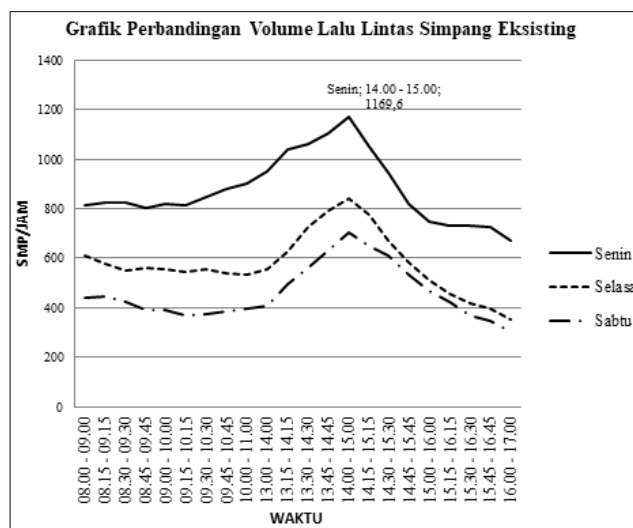
**Tabel 5.** Data geometrik simpang eksisting

| Nama Jalan             | Lebar Jalan (meter) | Tipe Jalan |
|------------------------|---------------------|------------|
| Jl. Serma Abdurrahman  | 4.82                | 2/2 UD     |
| Jl. KH. Hasan Genggong | 11.20               | 2/2 UD     |
| Jl. Panglima Sudirman  | 15,40               | 4/2 D      |
| Jl. Panglima Sudirman  | 15,40               | 4/2 D      |

Sumber: data hasil survey

**Pengolahan data arus lalu lintas**

Mengolah data arus lalu lintas dari hasil survey lapangan untuk menentukan data arus lalu lintas pada jam puncak.



**Gambar 2.** Grafik perbandingan volume lalu lintas  
Sumber: data hasil perhitungan

**Pengolahan data hambatan samping**

Mengolah data arus lalu lintas hasil dari survey lapangan untuk menentukan kelas hambatan samping pada persimpangan tersebut.

**Tabel 6.** Perhitungan hambatan samping pada jam puncak

| Hari                  | SENIN, 9 Maret 2020                           |     |     |      |                           |     |     |     |                       |     |     |     |                       |     |     |     |
|-----------------------|---|-----|-----|------|---------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|
|                       | Jl. Panglima Sudirman (B)                     |     |     |      | Jl. Panglima Sudirman (T) |     |     |     | Jl.KH. Hasan Genggong |     |     |     | Jl. Serma Abdurrahman |     |     |     |
| Waktu                 | PED   | PSV | EEV | SMV  | PED                       | PSV | EEV | SMV | PED                   | PSV | EEV | SMV | PED                   | PSV | EEV | SMV |
| 14.00 - 14.15         | 2   | 6   | 4   | 9    | 2                         | 3   | 2   | 2   | 0                     | 0   | 4   | 2   | 1                     | 1   | 3   | 3   |
| 14.15 - 14.30         | 5   | 4   | 8   | 10   | 1                         | 4   | 5   | 2   | 1                     | 1   | 6   | 4   | 0                     | 0   | 1   | 4   |
| 14.30 - 14.45         | 3   | 2   | 3   | 11   | 3                         | 6   | 3   | 1   | 1                     | 1   | 7   | 5   | 2                     | 1   | 0   | 2   |
| 14.45 - 15.00         | 2   | 5   | 5   | 8    | 4                         | 7   | 3   | 3   | 2                     | 0   | 3   | 6   | 2                     | 2   | 1   | 4   |
| Total                 | 12  | 17  | 20  | 38   | 10                        | 20  | 13  | 8   | 4                     | 2   | 20  | 17  | 5                     | 4   | 5   | 13  |
| Total x faktor        | 6   | 17  | 14  | 15,2 | 5                         | 20  | 9,1 | 3,2 | 2                     | 2   | 14  | 6,8 | 2,5                   | 4   | 3,5 | 5,2 |
| Total HS              | 52,2  |     |     |      | 37,3                      |     |     |     | 24,8                  |     |     |     | 15,2                  |     |     |     |
| Tipe Hambatan Samping | VL / Sangat Rendah                            |     |     |      | VL / Sangat Rendah        |     |     |     | VL / Sangat Rendah    |     |     |     | VL / Sangat Rendah    |     |     |     |
|                       | > 100 (Permukiman, hampir tidak ada kegiatan) |     |     |      |                           |     |     |     |                       |     |     |     |                       |     |     |     |

Sumber: Data hasil perhitungan

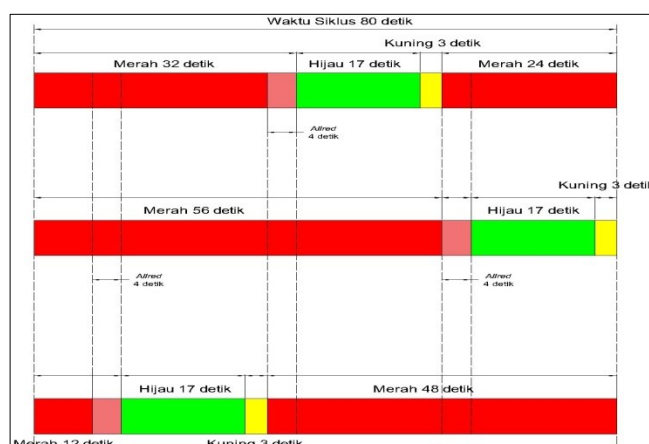
**Pengolahan data waktu sinyal**

Mengolah data waktu sinyal dari hasil survey lapangan untuk menentukan waktu siklus pada persimpangan tersebut.

**Tabel 7.** Data waktu sinyal simpang eksisting

| Nama Jalan             | Waktu merah (detik) | Waktu Kuning (detik) | Waktu Hijau (detik) | Intergreen (detik) |
|------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Jl. Serma Abdurrahman  | 56                  | 3                    | 17                  | 7                  |
| Jl. KH. Hasan Genggong | 56                  | 3                    | 17                  | 7                  |
| Jl. Panglima Sudirman  | 56                  | 3                    | 17                  | 7                  |
| Jl. Panglima Sudirman  | 56                  | 3                    | 17                  | 7                  |

Sumber: data hasil survey



**Gambar 3.** Diagram fase eksisting  
Sumber: data hasil perhitungan

**Analisa dan pembahasan kinerja simpang bersinyal**

Perhitungan pertama adalah kinerja simpang eksisting yaitu perhitungan dengan menggunakan volume pada jam puncak dan ukuran geometrik simpang sesuai eksisting yang ada dan hasilnya seperti tabel dibawah ini.

**Tabel 8.** Hasil analisa kinerja simpang bersinyal eksisting

| Kondisi                               | Eksisting |       |       |       |
|---------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|
|                                       | U         | S     | B     | T     |
| Lengan                                | U         | S     | B     | T     |
| Waktu hijau (detik)                   | 17        | 17    | 17    | 17    |
| Kapasitas (smp/jam)                   | 201,0     | 443,7 | 715,3 | 719,6 |
| Derajat Kejenuhan                     | 0,51      | 0,47  | 0,23  | 0,20  |
| Panjang Antrian (m)                   | 41,5      | 64,3  | 19,4  | 30,6  |
| Tundaan rata – rata (det/smp)         | 31,83     | 31,48 | 29,53 | 28,98 |
| Tundaan rata - rata simpang (det/smp) | 30,43     |       |       |       |
| LOS                                   | D         |       |       |       |

Sumber: data hasil perhitungan

Perhitungan kedua adalah perhitungan alternatif 1 yaitu mengubah fase menjadi 4 fase dan hasil dari alternatif pertama ini didapatkan tingkat pelayanan simpang yaitu D dimana tingkat pelayanan untuk simpang belum memenuhi persyaratan tingkat pelayanan berdasarkan PM 96 tahun 2015 pada persimpangan jalan arteri primer yaitu sekurang-kurangnya adalah B seperti pada tabel dibawah ini.

**Tabel 9.** Hasil analisa kinerja simpang bersinyal setelah alternatif 1

| Kondisi                               | Alternatif 1 |       |       |       |
|---------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|
|                                       | U            | S     | B     | T     |
| Lengan                                | U            | S     | B     | T     |
| Waktu hijau (detik)                   | 19           | 17    | 14    | 12    |
| Kapasitas (smp/jam)                   | 239,19       | 631,5 | 585,2 | 523,2 |
| Derajat Kejenuhan                     | 0,28         | 0,28  | 0,28  | 0,28  |
| Panjang Antrian (m)                   | 18,3         | 54,3  | 20,3  | 35,0  |
| Tundaan rata – rata (det/smp)         | 27,19        | 33,50 | 28,60 | 32,54 |
| Tundaan rata - rata simpang (det/smp) | 31,40        |       |       |       |
| LOS                                   | D            |       |       |       |

Sumber: data hasil perhitungan

Perhitungan ketiga adalah perhitungan alternatif 2 yaitu mengubah fase menjadi 3 fase desain dan hasil yang didapatkan dari alternatif kedua ini adalah tingkat pelayanan simpang yaitu C dimana tingkat pelayanann untuk simpang tersebut belum memenuhi persyaratan tingkat pelayanan berdasarkan PM 96 tahun 2015 pada persimpangan jalan arteri primer yaitu sekurang-kurangnya adalah B seperti pada tabel dibawah ini.

**Tabel 10.** Hasil analisa kinerja simpang bersinyal setelah alternatif 2

| Kondisi             | Alternatif 2 |    |    |    |
|---------------------|--------------|----|----|----|
|                     | U            | S  | B  | T  |
| Lengan              | U            | S  | B  | T  |
| Waktu hijau (detik) | 25           | 25 | 11 | 10 |

|                                       |       |       |       |       |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Kapasitas (smp/jam)                   | 398,1 | 878,7 | 636,3 | 568,9 |
| Derajat Kejenuhan                     | 0,26  | 0,24  | 0,26  | 0,26  |
| Panjang Antrian (m)                   | 29,0  | 35,7  | 16,1  | 30,6  |
| Tundaan rata – rata (det/smp)         | 14,71 | 15,05 | 24,24 | 24,91 |
| Tundaan rata - rata simpang (det/smp) | 19,74 |       |       |       |
| LOS                                   | C     |       |       |       |

Sumber: data hasil perhitungan

Perhitungan keempat adalah perhitungan alternatif 3 yaitu mengubah fase menjadi 2 fase dan hasil yang didapatkan dari alternatif ketiga ini adalah tingkat pelayanan simpang yaitu B dimana tingkat pelayanan untuk simpang tersebut sudah memenuhi persyaratan tingkat pelayanan berdasarkan PM 96 tahun 2015 pada persimpangan jalan arteri primer yaitu sekurang-kurangnya adalah B seperti pada tabel dibawah ini.

**Tabel 11.** Hasil analisa kinerja simpang bersinyal setelah alternatif 3

| Kondisi                               | Alternatif 3 |        |       |       |
|---------------------------------------|--------------|--------|-------|-------|
|                                       | U            | S      | B     | T     |
| Lengan                                | U            | S      | B     | T     |
| Waktu hijau (det)                     | 21           | 21     | 10    | 10    |
| Kapasitas (smp/jam)                   | 491,5        | 1084,9 | 785,7 | 752,2 |
| Derajat Kejenuhan                     | 0,21         | 0,19   | 0,21  | 0,19  |
| Panjang Antrian (m)                   | 18,3         | 21,4   | 9,7   | 17,8  |
| Tundaan rata – rata (det/smp)         | 8,47         | 8,97   | 15,06 | 14,62 |
| Tundaan rata - rata simpang (det/smp) | 11,83        |        |       |       |
| LOS                                   | B            |        |       |       |

Sumber: data hasil perhitungan

**Analisa dan pembahasan biaya operasional kendaraan (bok) terhadap kemacetan**

Perhitungan pertama adalah biaya operasional kendaraan pada kondisi eksisting yaitu perhitungan nilai waktu perjalanan dan jumlah waktu antrian sesuai eksisting yang ada dan hasilnya seperti tabel dibawah ini.

**Tabel 12.** Hasil analisa biaya operasional kendaraan (BOK) terhadap kemacetan pada kondisi eksisting

| Kondisi               | Eksisting  |         |         |         |
|-----------------------|------------|---------|---------|---------|
|                       | U          | S       | B       | T       |
| Lengan                | U          | S       | B       | T       |
| ∑ Kendaraan           | 41         | 90      | 93      | 162     |
| BOK (Rp/jam)          | 9395,86    | 8844,35 | 8912,01 | 8502,74 |
| B. Kemacetan (Rp/jam) | 43420,1    | 105419  | 105095  | 186307  |
| Total (Rp/jam)        | 440241,354 |         |         |         |

Sumber: data hasil perhitungan

Perhitungan kedua adalah perhitungan alternatif 1 yaitu pada saat mengubah fase menjadi 4 fase. Berikut ini

merupakan hasil dari perhitungan biaya operasional kendaraan (BOK) terhadap kemacetan setelah alternatif 1.

**Tabel 13.** Hasil analisa biaya operasional kendaraan (BOK) terhadap kemacetan setelah alternatif 1

| Kondisi             | Alternatif 1 |           |        |         |
|---------------------|--------------|-----------|--------|---------|
|                     | U            | S         | B      | T       |
| Lengan              |              |           |        |         |
| Σ Kendaraan         | 41           | 90        | 93     | 162     |
| BOK (Rp./jam)       | 9360,9       | 8814,6    | 8921,4 | 8516,95 |
| Biaya               |              |           |        |         |
| Kemacetan (Rp./jam) | 44626,7      | 108387    | 108532 | 192518  |
| Total (Rp./jam)     |              | 454063,55 |        |         |

Sumber: data hasil perhitungan

Perhitungan ketiga adalah perhitungan alternatif 2 yaitu pada saat mengubah fase menjadi 3 fase desain. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan biaya operasional kendaraan (BOK) terhadap kemacetan setelah alternatif 2.

**Tabel 14.** Hasil analisa biaya operasional kendaraan (BOK) terhadap kemacetan setelah alternatif 2

| Kondisi             | Alternatif 2 |           |         |          |
|---------------------|--------------|-----------|---------|----------|
|                     | U            | S         | B       | T        |
| Lengan              |              |           |         |          |
| Σ Kendaraan         | 41           | 90        | 93      | 162      |
| BOK (Rp./jam)       | 9356,8       | 8806,8    | 8917,3  | 8512,9   |
| Biaya               |              |           |         |          |
| Kemacetan (Rp./jam) | 28050,9      | 68097,3   | 68218,3 | 121005,6 |
| Total (Rp./jam)     |              | 285372,12 |         |          |

Sumber: data hasil perhitungan

Perhitungan keempat adalah perhitungan alternatif 3 yaitu pada saat mengubah fase menjadi 2 fase. Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan biaya operasional kendaraan (BOK) terhadap kemacetan setelah alternatif 3.

**Tabel 15.** Hasil analisa biaya operasional kendaraan (BOK) terhadap kemacetan setelah alternatif 3

| Kondisi             | Alternatif 3 |            |         |         |
|---------------------|--------------|------------|---------|---------|
|                     | U            | S          | B       | T       |
| Lengan              |              |            |         |         |
| Σ Kendaraan         | 41           | 90         | 93      | 162     |
| BOK (Rp./jam)       | 9347,6       | 8798,2     | 8908,1  | 8501,0  |
| Biaya               |              |            |         |         |
| Kemacetan (Rp./jam) | 16787,9      | 40755,1    | 40825,4 | 72389,8 |
| Total (Rp./jam)     |              | 170758,206 |         |         |

Sumber: data hasil perhitungan

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kondisi eksisting tingkat pelayanan pada simpang bersinyal tersebut masuk dalam kategori D dengan tundaan simpang rata – rata sebesar 30,43 detik/smp. Berdasarkan PM No 96 Tahun 2015, untuk jalan arteri primer tingkat pelayanan minimum menurut adalah B. Dengan kondisi simpang tersebut maka perlu dilakukan perbaikan kinerja simpang.
2. Dari hasil perhitungan biaya operasional kendaraan (BOK) kemacetan simpang pada kondisi eksisting diperoleh sebesar Rp. 440.241,354/jam
3. Kinerja simpang setelah dilakukan alternatif penanganan yang memenuhi persyaratan kinerja jalan arteri primer adalah alternatif 3 dengan pengaturan 2 fase, dimana tundaan simpang rata – rata sebesar 11,83 detik/smp sesuai PM No 96 Tahun 2015 tingkat pelayanannya masuk dalam kategori B.
4. Biaya operasional kendaraan (BOK) terhadap kemacetan simpang setelah dilakukan alternatif penanganan dipilih alternatif 3 dengan perubahan fase menjadi 2 fase, karena memiliki biaya operasional kendaraan lebih rendah/murah yaitu sebesar Rp.170.758,206 /jam.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyani, N. K. B. 2000. *Studi Perhitungan Biaya Kemacetan di Pusat Kota Denpasar*. Skripsi Program Studi S1 Jurusan teknik Planologi ITB.
- [2] Indonesia, D. P. U. R., & Marga, D. J. B. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*.
- [3] Kholifie, M. A. F. (2019). *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) pada Simpang Kebonagung Kota Pasuruan*. Jurnal Skripsi Politeknik Negeri Malang.
- [4] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia. (2015). Nomor PM 96 Tahun 2015 Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Lalu Lintas.
- [5] Sumanja, G., & Eryani, P. (2015). *Perencanaan Smpang bersinyal Pada Simpang Ciuung Wanara di Kabupaten Gianyar*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa.
- [6] Tzedakis, A, 1980. *Different Vehicles Speeds and Congestion Costs*. Journal of Transport Economics and Policy.