



**PENINGKATAN TATA LETAK PERSIMPANGAN BERSINYAL MELALUI
ANALISIS PANJANG ANTRIAN DENGAN PENGURANGAN LATENSI
(STUDI KASUS: JALAN RAYA BOYOLANGU-JALAN MOH.YAMIN-JALAN
RAYA PUCUNG KIDUL)**

**(ENHANCEMENT OF SIGNALIZED INTERSECTION LAYOUT VIA QUEUE
LENGTH ANALYSIS WITH REDUCED LATENCY)
(CASE STUDY: ROAD BOYOLANGU-ROAD MOH.YAMIN-ROAD
PUCUNG KIDUL)**

Danang Wijanarko¹, Almisan Dicky Kurniawan²

Program Studi Teknik Sipil Universitas Tulungagung¹

Jalan Kimangunsarkoro Beji, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung 66233

Alamat korespondensi:

E-mail: : danangwjnrk11@gmail.com

Program Studi Teknik Sipil Universitas Tulungagung²

Jalan Kimangunsarkoro Beji, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung 66233

Alamat korespondensi:

E-mail: almisan26@gmail.com

ABSTRACT

Rapid urban development requires monitoring and evaluation of intersection conditions, especially in urban areas where space availability is very limited. As a result, traffic handling becomes very important, so knowledge of the volume and capacity characteristics of road segments is essential. The correlation a comparison of the intersection's wait time and queue length, along Considering the assessment of the intersection's operating effectiveness under investigation. original information collected from field surveys at the intersection of Jalan Raya Boyolangu. The main source of this data collection is the Jalan Raya Moh. Yamin - Jalan Raya Pucung Kidul intersection. In addition, supplementary materials for this study were derived from calculations and hypotheses contained in literature books. A week-long traffic volume survey gathered information for data analysis. The Highway Capacity Manual (HCM) 1985 and Ideas contained in the Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) 1997 were used to ascertain the queue value, latency, length, as well as the level of intersection approach saturation. Drawing from the outcomes in the domain, the degree of saturation values on Jalan Raya Boyolangu, Jalan Moh. Yamin, and Jalan Raya Pucung Kidul are 0.68, 0.288, and 1.144. This demonstrates how poorly the road is maintained because the waiting time and waiting time are affected by the degree of saturation. Therefore, it is necessary to assess green time or divert some traffic for public transportation to other routes.

Keywords: *signalized intersection, delays, MKJI 1997*

ABSTRAK

Perkembangan kota yang pesat membutuhkan pemantauan dan evaluasi keadaan persimpangan, terutama di kota-kota yang kekurangan ruang yang tersedia. Akibatnya, penanganan lalu lintas menjadi sangat penting, sehingga pengetahuan tentang karakteristik volume dan kapasitas segmen jalan menjadi sangat penting. Korelasi perbandingan waktu tunggu persimpangan dan panjang antrian, dengan mempertimbangkan penilaian efektivitas operasi persimpangan yang sedang diselidiki. informasi asli yang dikumpulkan dari survei lapangan di persimpangan Jalan Raya Boyolangu. Sumber utama dari pengumpulan data ini adalah persimpangan Jalan Raya Moh. Yamin - persimpangan Jalan Raya Pucung Kidul. Selain itu, bahan pelengkap untuk penelitian ini diperoleh dari perhitungan dan hipotesis yang terdapat dalam buku-buku literatur. Survei volume lalu lintas selama seminggu mengumpulkan informasi untuk analisis data. Highway Capacity Manual (HCM) 1985 dan Ide yang terdapat dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 digunakan untuk mengetahui nilai antrian, tundaan, panjang, serta tingkat kejenuhan pendekat persimpangan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari domain tersebut, nilai derajat kejenuhan di Jalan Raya

Boyolangu, Jalan Moh. Yamin, dan Jalan Raya Pucung Kidul adalah 0,68, 0,288, dan 1,144. Hal ini menunjukkan buruknya kondisi jalan tersebut karena waktu tunggu dan waktu tunggu dipengaruhi oleh derajat kejenuhan. Oleh karena Akibatnya, diperlukan evaluasi waktu hijau atau pengalihan sebagian lalu lintas untuk transportasi umum ke rute lain.

Kata kunci: persimpangan bersinyal, tundaan, MKJI 1997

PENDAHULUAN

Peningkatan dan perkembangan di sejumlah industri merupakan hasil dari kemajuan teknologi dan inovasi yang terjadi di Tulungagung dan di antara penduduknya. Secara alamiah, penduduk Kota Tulungagung akan mengalami peningkatan pendapatan dan standar hidup sebagai hasil dari perkembangan yang terjadi di berbagai sektor, terutama sektor ekonomi. Akan ada kebutuhan yang lebih besar akan transportasi seiring dengan pertumbuhan penduduk Kota Tulungagung dan peningkatan standar hidup mereka. Antrean panjang dan kepadatan di persimpangan jalan di Kota Tulungagung tidak diragukan lagi merupakan hasil dari pertumbuhan populasi kendaraan dan transportasi di kota ini. Antrean panjang yang terbentuk menjadi tanda akan hal ini. Mengkaji ulang pola lalu lintas, bentuk jalan, kapasitas, antrean, dan penundaan adalah tindakan yang tepat untuk mengatasi masalah ini dan mencegah terjadinya konflik di Jalan Raya Boyolangu - Jalan Moh.

Merelokasi individu atau produk untuk tujuan tertentu dikenal sebagai transportasi. Manusia terus berusaha untuk mengangkut orang atau barang secepat dan semurah mungkin untuk mencapai efisiensi transportasi. Saat ini, individu lebih banyak menggunakan transportasi darat daripada jenis transportasi lainnya dari tiga kategori layanan transportasi. Persimpangan dalam sistem jaringan jalan adalah tempat terjadinya konflik antara berbagai bentuk mobilitas. Efektivitas persimpangan sangat mempengaruhi tingkat efisiensi jaringan jalan.

Persimpangan adalah pertemuan jalan, bersama dengan fasilitas apa pun di sisi rute untuk memfasilitasi arus lalu lintas lokal (Morlok, 1988). Tempat pertemuan dua jalan, yang juga dikenal sebagai persimpangan, adalah persimpangan. Persimpangan adalah komponen paling penting dari sistem jaringan jalan dan perlu direncanakan Mempertimbangkan kapasitas, biaya operasional, keamanan, kecepatan, dan efektivitas. Terdapat dua jenis persimpangan: persimpangan yang bersinyal dan tidak bersinyal. Menata ulang persimpangan, Di persimpangan jalan bersinyal, fasilitas seperti lampu lalu lintas dan sinyal adalah hal yang umum. Sebaliknya, prioritas atau kanalisasi tersedia di persimpangan tak bersinyal.

Menurut MKJI (1997), ada beberapa alasan umum mengapa lampu lalu lintas digunakan:

1. Menjaga kapasitas tertentu bahkan dalam kondisi lalu lintas jam sibuk akan membantu mencegah kemacetan persimpangan yang disebabkan oleh arus lalu lintas yang saling bertentangan.
2. Untuk memungkinkan mobil dan/atau pejalan kaki menghindari rute utama dengan menggunakan jalan penghubung (minor).
3. Untuk mengurangi jumlah Ketika sebuah mobil menabrak kendaraan dari arah berlawanan dengan kendaraan lain, maka menyebabkan kecelakaan lalu lintas.

Arus, kecepatan, dan kepadatan adalah tiga aspek mendasar dari arus lalu lintas. Pengamatan makroskopis dan mikroskopis terhadap sifat-sifat ini dapat dilakukan. Analisis dilakukan secara individual pada tingkat mikroskopis dan secara kolektif pada tingkat makroskopis.

Fitur Lalu Lintas	Skala Kecil	Skala Besar
Arus	Headway dalam waktu	Tingkat arus
Kecepatan	Kecepatan pribadi	Kecepatan rata-rata
Kerapatan	Jarak antara, atau headway dalam jarak	Tingkat kepadatan

Arus lalu lintas (q) adalah jumlah mobil yang melewati lokasi di segmen jalan per jam, sesuai dengan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Soedirdjo (2002) mengkategorikan perubahan arus lalu-lintas menjadi bulanan, harian, per jam, dan jam pecahan. Estimasi arus lalu lintas per jam dapat mencakup variasi pola lalu lintas sepanjang waktu, diukur dengan faktor jam sibuk (PHF) yang mencerminkan variasi jam sibuk setiap 15 menit.

$$PHF = \frac{V}{(4 \times V15)}$$

Keterangan :

PHF = Faktor jam puncak (*Peak Hour Faktor*)

V = tingkat suara pada lima belas menit tersibuk dalam satu jam (kendaraan/15menit)

V = kenyaringan selama satu jam penuh (kendaraan/jam)

Untuk menilai dan menentukan jumlah lalu lintas yang terdiri dari berbagai jenis mobil, konversi menjadi menggunakan faktor ekuivalensi mobil penumpang, kendaraan ringan juga dikenal sebagai unit mobil penumpang. Menurut MKJI 1997, ada tiga (3) jenis jalan dan penyeberangan di perkotaan kendaraan yang berbeda yang terlibat dalam arus lalu lintas :

- Kendaraan ringan (LV) diklasifikasikan dalam sistem klasifikasi Bina Marga sebagai mobil dengan empat roda dan dua roda yang digerakkan pada jarak sumbu antara 2,0 hingga 3,0 meter. Contoh kendaraan ringan antara lain sepeda motor, truk pick-up, bus, dan mobil penumpang.
- Menurut Truk kombinasi, bus, Skema kategorisasi Bina Marga, tiga gandar, dan dua gandar adalah contoh mobil yang memiliki jumlah roda lebih dari empat. Mobil ini disebut sebagai kendaraan berat (HV).
- Sepeda motor (MC) melibatkan kendaraan bermotor dua atau tiga roda, termasuk skema Bina Marga.

Tipe jalan Jalan satu arah dan jalan	Arus lalulintas per lajur (kend/jam)	Emp	
		HV	MC
Dua-lajur-satu arah (2/1), dan empat-lajur terbagi (4/2D)	1050	1,3	0,40
		1,2	0,25
Tiga-lajur satu arah (3/1) dan enam-lajur terbagi	1100	1,3	0,40
		1,2	0,25

Kinerja sistem lalu lintas akan terpengaruh oleh tundaan yang disebabkan oleh hambatan dalam arus kendaraan. Tundaan terhenti adalah tundaan yang dialami oleh kendaraan saat kendaraan tersebut berhenti total saat mesin masih beroperasi (stasioner). Kemacetan pada akhirnya akan terjadi akibat situasi ini jika berlangsung dalam waktu yang lama. Jika diukur dengan uang, tundaan sangat menggambarkan keadaan yang tidak produktif. Perbedaan temporal antara kecepatan pergerakan dan kecepatan perjalanan akan terjadi karena tundaan. Mayoritas persimpangan jalan kehilangan waktu operasional, terutama di dekat persimpangan. baik yang dikendalikan oleh lampu sinyal maupun yang tidak. Ketika terjadi kemacetan, panjang antrian dan waktu yang hilang akibat tundaan merupakan

faktor penting yang harus dipertimbangkan. Tundaan didefinisikan sebagai waktu ekstra yang dibutuhkan untuk melakukan perjalanan melalui persimpangan dibandingkan dengan menggunakan jalan yang tidak melewati Persimpangan MKJI 1997. Tundaan terbagi dua kategori: penundaan geometris serta penundaan lalu lintas. penundaan dan pergerakan yang disebabkan oleh lalu lintas yang saling bertentangan yang berinteraksi dikenal sebagai tundaan lalu lintas (tundaan interaksi kendaraan).

METODOLOGI

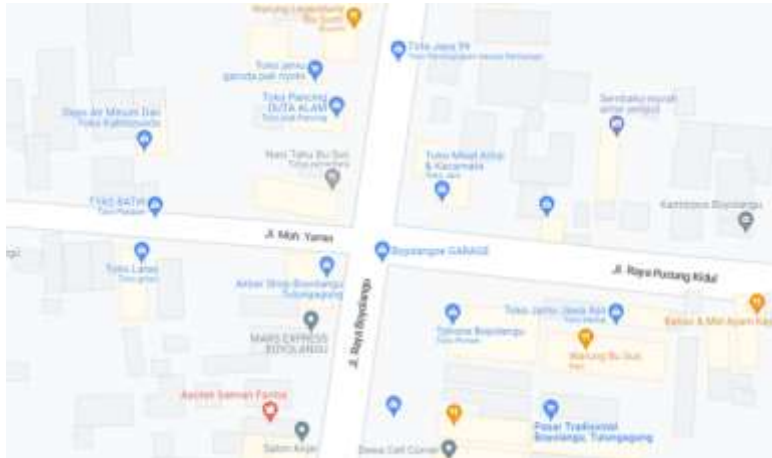
Perencanaan sangat penting dalam penelitian ini karena akan menentukan data mana yang akan digunakan. akan dikumpulkan di lapangan, durasi survei, di mana survei akan dilakukan, dan peralatan apa yang akan digunakan. Data primer dan sekunder dikumpulkan dalam dua tahap proses yang digunakan untuk mengumpulkan informasi latar belakang penelitian. Data primer adalah informasi tentang arus lalu lintas diperoleh langsung dari sumbernya. Namun, buku-buku literatur menyediakan data sekunder.

Pemilihan Lokasi Kegiatan

Perlintasan sebidang di Jalan Raya Boyolangu - Jalan Moh. Yamin - Jalan Raya Pucung Kidul Kota Tulungagung dipilih sebagai lokasi survei untuk penelitian ini.

Adapun pemilihan lokasi ini adalah :

1. Jalan ini dilalui oleh berbagai jenis kendaraan dan volume lalu lintas.
2. Ada banyak aktivitas di persimpangan.



Pengambilan Data

Alat Yang Digunakan

Beberapa instrumen yang dapat berguna dalam penelitian lapangan digunakan penelitian ini. Instrumen-instrumen tersebut :

- a) Alat tulis
- b) Kamera
- c) Hand tally counter / traffic counter app

Data Arus Lalu Lintas

Informasi tentang berapa banyak mobil yang menggunakan Jalan Raya Boyolangu – Jalan Moh. Yamin – Jalan raya Pucung Kidul selama 3 (tiga) Hari-hari diambil pada waktu-waktu tersibuk dalam sehari. Dengan kata lain ketika :

- Pagi hari pukul 06.00-09.00 WIB
- Siang hari pukul 11.00-14.00 WIB
- Sore hari pukul 16.00-19.00 WIB

Ada tiga kategori yang memisahkan data jenis kendaraan yang lewat :

1. LV adalah singkatan dari kendaraan ringan. termasuk kendaraan, angkutan umum, minibus, dan pick-up.
2. Truk yang berat (HV). termasuk kendaraan dengan dua atau tiga gandar, truk semi-trailer, bus besar, dan bus mikro.
3. Sepeda motor, atau MC, termasuk becak dan sepeda motor roda dua.

Data Geometrik Persimpangan

Data geometris berasal dari temuan pengukuran langsung, khususnya:

1. Lebar jalan.
2. Jumlah lajur dan lebar jalan.

Nama Jalan	Jumlah Lajur	Lebar Jalan (m)
Jl. Raya Boyolangu (Lengan Utara)	2	10
Jl. Raya Pucung Kidul (Lengan Timur)	2	5
Jl. Moh.Yamin (Lengan Barat)	2	5

Data Sinyal Lalu Lintas

Dari hasil pengamatan di lapangan didapat data mengenai lama waktu sinyal lalu lintas.

Nama Jalan	Waktu merah (det)	Waktu Hijau (det)	Waktu Kuning (det)
Jl. Raya Boyolangu (Lengan Utara)	51	18	3
Jl. Raya Pucung Kidul (Lengan Timur)	56	13	3
Jl. Moh.Yamin (Lengan Barat)	56	13	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dasar yang akan menjadi dasar untuk menentukan persimpangan pada kondisi saat ini adalah data pengamatan. Data saat ini akan digunakan untuk menghitung throughput lalu lintas maksimal, tingkat kejenuhan, kapasitas, waktu siklus, waktu merah, dan penundaan, dan panjang. Kita dapat memperoleh nilai antrian dan tundaan yang diharapkan dengan lebih mudah dengan bantuan parameter-parameter ini. Mencari antrean terpanjang dan penundaan serta hubungan antara panjang antrian dengan Penelitian ini mengadopsi metode MKJI 1997.

Kondisi Lalu Lintas

Terjadinya kemacetan yang sangat parah yang disebabkan oleh hambatan samping yang tinggi dan penggunaan lebar jalan yang tidak efisien sebagai akibat dari penggunaan fungsi jalan adalah kondisi lalu lintas saat ini yang perlu dipertimbangkan. Antrean mobil yang menuju persimpangan tertunda secara signifikan akibat kemacetan yang berkepanjangan.

Parameter – Parameter Persimpangan

Volume lalu lintas (Q_v), Variabel yang dipertimbangkan di Kapasitas (C), arus jenuh (S), arus lalu lintas dan tingkat kejenuhan (DS) ekuivalen untuk mobil penumpang (smp/jam) adalah beberapa perselisihan perlu dihitung secara manual. Arus maksimum terlebih dahulu dikonversi ke dalam smp/jam untuk menggunakan parameter persimpangan-seperti waktu untuk siklus, hijau, merah, dan kuning, yang semuanya dinyatakan dalam detik. (detik)-yang diamati secara langsung di lapangan pada saat jam sibuk. Data modifikasi kondisi persimpangan juga digunakan. Jalan Raya Boyolangu (Lengan Timur) digunakan sebagai contoh untuk perhitungan tambahan.

Fase 1

- Arus total Utara-Selatan. (Jl. Raya Boyolangu)

$$LV = 123 \text{ Kend/ Jam}$$

$$HV = 24 \text{ Kend/ Jam}$$

$$\underline{MC} = 1065 \text{ Kend/ Jam} +$$

$$\text{Total} = 1212 \text{ Kend/ Jam}$$

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya = 1212 kend/Jam

Selain itu, penting untuk mengetahui berapa banyak mobil yang setara dengan mobil penumpang per jam, yang dinyatakan dalam smp : $LV = 123 \times 1,0 = 123 \text{ smp/ jam}$

$$HV = 24 \times 1,3 = 31,2 \text{ smp/ jam}$$

$$\underline{MC} = 1065 \times 0,4 = 426 \text{ smp/ jam} +$$

$$\text{Total} = 580,2 \text{ smp/ jam}$$

Sehingga total jumlah kendaraan = 580,2 smp/ jam

- Rasio Kendaraan Berbelok

$$PLT = \frac{QLT \left(\frac{\text{smp}}{\text{jam}} \right)}{\text{Total} \left(\frac{\text{smp}}{\text{jam}} \right)} = \frac{399}{580,2} = 0,68$$

- Lebar efektif (W_e)

W_a , W masuk, dan W keluar serta pergerakan lalu lintas belok diperhitungkan dalam penghitungan kapasitas, seperti halnya lebar bagian pendekat yang berhasil.

Dari survei lapangan, $W_e = 3,5 \text{ m}$.

- Arus jenuh (S)

berapa banyak antrian yang berangkat dari sebuah pendekat dalam kondisi tertentu (jam hijau/smp). Jam hijau dan nilai smp yang disesuaikan

$$S = S_o \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times FRT \times FLT$$

$$= 2100 \times 1,00 \times 0,93 \times 1,00 \times 0,749 \times 1,00 \times 0,85 = 1243,377 \text{ smp/ jam}$$

Dimana :

Faktor – faktor penyesuaian

Faktor penyesuaian berdasarkan ukuran kota, atau FCS, ditentukan dengan mengambil populasi Kota Medan ± 3 juta jiwa. Nilai FCS sama dengan satu. Lingkungan jalan didefinisikan sebagai terdiri dari perumahan, perdagangan, pendidikan, dan jasa berdasarkan kelas hambatan samping lingkungan jalan (FSF = Faktor penyesuaian hambatan samping). Jalan yang dianalisis memiliki tipe fase terlindung dan terarah. 0,93 adalah FSF. FG adalah faktor penyesuaian kelandaian (G), yang ditentukan oleh kenaikan (+) atau penurunan (-) permukaan jalan. Berdasarkan jarak berhenti mobil yang diparkir, FG = 1,00, FP = Faktor penyesuaian parkir (P),

$$FP = \frac{Lp}{3} - WA - 2 \times \frac{Lp - g}{WA} K$$

➤ Rasio Arus (FR)

Rasio Arus terhadap arus jenuh (Q/S) dari suatu pendekat.

Q = 580,2 smp/ jam (arus kendaraan terus)

S = 1243,377 smp/ jam

Menghitung rasio Arus :

$$FR = \frac{Q}{S} \\ = \frac{580,2}{1243,377} = 0,46$$

➤ Waktu hilang (LT1)

Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua indikasi sinyal (misalnya, antara dua lampu hijau berturut-turut menggunakan metodologi yang sama).

= Σ (merah semua + kuning)

= 3 det + 9 det

= 12 det

Waktu hilang total = LT1 Fase 1 + LT1 fase 2

= 3 detik + 1 detik = 4 detik

➤ Waktu siklus

Penentuan waktu siklus ini didapat dari:

c = g arah semua + LT1

= 51 + 56 + 56 + 12

= 175

➤ Kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DS)

Kapasitas (C) arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan.

Kapasitas (C) = Nilai dasar x waktu hijau/waktu siklus

$$= S \times g/c ; g = 51. c = 175 = 1243 \times 51/175 = 359 \text{ smp/jam}$$

Derajat kejenuhan (DS) rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat ($Q \times c/S \times g$).

Derajat kejenuhan (DS) = $Q/C = 580,2/359$

= 1,616

➤ Antrian

Ketika sinyal hijau pertama kali muncul, jumlah rata-rata antrian (smp), atau NQ, ditentukan dengan menambahkan jumlah mobil (smp) yang masuk ke fase merah (NQ2) Mobil tertinggal dari fase hijau sebelumnya (NQ1).

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Dimana :

$$\begin{aligned} NQ1 &: 0,25 \times C \times [(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}}] \\ &: 0,25 \times 359 \times [(1,616 - 1) + \sqrt{(1,616 - 1)^2 + \frac{8 \times (1,616 - 0,5)}{359}}] \\ &: 55,691 \text{ smp} \\ NQ2 &: c \times ((1 - GR) / (1 - GR \times DS)) \times Q / 3600 \\ &: 359 \times ((1 - 0,39) / (1 - 0,39 \times 1,616)) \times 580,2 / 3600 \\ &: 49,816 \text{ smp} \\ \text{Total} &: NQ1 + NQ2 = 55,691 + 49,816 = 105,507 \text{ smp} \end{aligned}$$

Panjang antrian (QL)

$$\begin{aligned} \text{QL} &: \frac{NQ_{\text{Total}} \times 20}{W_{\text{masuk}}} \\ &: \frac{105,507 \times 20}{11} = 191,830 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Tundaan (Delay)

Tundaan lalu lintas rata – rata (detik/ smp)

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

Dimana :

$$\begin{aligned} A &: \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{1-GR \times DS} \\ &: \frac{0,5 \times (1-0,39)^2}{1-0,39 \times 1,616} = 0,502 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DT &: c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{1-GR \times DS} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \\ &: 175 \times \frac{0,5 \times (1-0,39)^2}{1-0,39 \times 1,616} + \frac{55,691 \times 3600}{359} \\ &: 646,311 \text{ det/smp} \end{aligned}$$

➤ Tundaan Geometrik (DG)

$$DG : (1 - Psv) \times PT \times 6 + (Psv \times 4)$$

$$: (1 - 0) \times 0,72 \times 6 + (0 \times 4)$$

$$: 4,32 \text{ det/smp}$$

➤ Tundaan Rata – Rata (D)

$$D : DT + DG$$

$$: 646,311 \text{ det/smp} + 4,32 \text{ det/smp}$$

$$: 650,631 \text{ det/smp}$$

$$: 451 \text{ det/smp}$$

KESIMPULAN

Kami dapat menarik beberapa temuan berikut ini dari hasil studi di persimpangan yang diteliti:

1. Panjang lampu hijau dan volume arus lalu lintas di persimpangan berdampak pada kapasitas persimpangan; semakin banyak mobil yang berkumpul di persimpangan, semakin banyak ruang yang tersedia untuk mereka.

2. Nilai panjang antrian untuk:

Jl. Raya Boyolangu = 191,830 m, tundaan = 451 det/smp

Jl. Raya Pucung Kidul = 110,8 m, tundaan = 64 det/smp

Jl. Moh. Yamin = 116 m, tundaan = 58 det/smp

Hubungan antara tundaan dan antrian dapat disimpulkan dari temuan analisis yang disebutkan di atas, yang mengindikasikan bahwa jumlah mobil dalam antrian persimpangan akan meningkatkan tundaan setiap kendaraan. tundaan dan antrian maksimum sebagai hasilnya. Karena jumlah mobil dalam antrian Jumlah waktu antrean akan menunggu tergantung jumlah mobil yang masuk selama fase merah dan pada waktu hijau sebelumnya. Lamanya periode hijau sebelumnya dan perbedaan waktu di antara kendaraan adalah elemen yang mempengaruhi tundaan.

SARAN

Sebagai rangkuman dari penelitian ini, saran yang dapat diberikan setelah survei penundaan antrian selesai simpang bersinyal di Jalan Raya Boyolangu, Jalan Raya Pucung Kidul, dan Jalan Moh. Yamin berikut:

1. Mengalihkan sebagian arus lalu lintas melalui persimpangan ke rute lain untuk mengantisipasi kepadatan lalu lintas yang mungkin terjadi di sana.
2. Untuk mencapai tingkat kejenuhan terendah yang memungkinkan, ubahlah pengaturan fase. untuk mendapatkan fase persimpangan yang optimal.
3. Kesalahan penerapan jalan yang menghambat arus lalu lintas persimpangan yang efisien.
4. Untuk menghilangkan pelanggaran dan mengurangi kemacetan lalu lintas di lapangan, polisi yang ditempatkan di persimpangan jalan harus mengambil tindakan tegas terhadap pengemudi yang melanggar hukum.
5. Langkah-langkah penegakan hukum yang ketat terhadap parkir di badan jalan diperlukan untuk memaksimalkan penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga (1997) Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), Sweroad bekerja sama dengan PT. Bina Marga, Jakarta.
- G.R. Wells (1993) *Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Penerbit Bhratara.
- Januari, O (2015) *Analisa Panjang Antrian Dengan Tundaan Pada Persimpangan Bersinyal Jl. Sudirman-Jl. Ir. Juanda Dengan Jl. Cik Ditiro Di Kota Medan*. Medan
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia (2015) *Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta
- Soedirdjo, T.L (2002) *Rekayasa Lalu Lintas*. Bandung: ITB
- Utomo, S. (2011) *Analisis Panjang Antrian Dengan Tundaan Pada Persimpangan Bersinyal*. Medan