

Evaluasi Kinerja Persimpangan Tak Bersinyal Jalan Moh. Yakub Lubis di Jalan Besar Tembung

Muhammad Raviansyah Hartawan Lubis¹, Kamaluddin Lubis²

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

Jl. Kolam Nomor 1 Medan Estate, Medan

¹E-mail: mrviansyahhartawanlubis@gmail.com

Abstract — Intersections are the cause of congestion, especially unsignalized intersections in urban areas. Where Jalan Moh. Yakob Lubis has several intersections that become traffic conflicts at certain hours. Especially at unsignalized intersections that meet Jalan Moh. Yakob Lubis and Jalan Besar Tembung. Which must be evaluated at the intersection. The purpose and objectives of the study are to determine the performance of unsignalized intersections and provide solutions to problems that often occur at the three-way intersection of Jalan Moh. Yakob Lubis and Jalan Besar Tembung. This study uses the 2023 PKJI method. Data collection was carried out by means of direct field surveys. The results of the study at peak hours, namely Monday at 07:00-09:00 WIB, the traffic volume was the highest compared to other days. The value of the degree of saturation (DJ) was obtained at 0.99, Delay (T) was 18.51 sec/vehicle, Queue opportunity (Pa) ranged from 39% -78%. The level of service at the unsignalized intersection on Jalan Moh. Yakob Lubis is included in the sufficient criteria (C). The intersection should be equipped with traffic signs such as traffic signal devices and make changes to traffic flow.

Keywords: unsignalized intersection; degree of saturation; delay.

Abstract — Persimpangan adalah menjadi penyebab kemacetan terutama simpang tak bersinyal diperkotaan. Dimana jalan Moh. Yakob Lubis, memiliki beberapa persimpangan yang menjadi konflik lalu lintas pada jam tertentu. Terutama dipersimpangan tak bersinyal yang mempertemukan Jalan Moh. Yakob Lubis dan Jalan Besar Tembung. Yang mana harus melakukan evaluasi pada persimpangan tersebut. Maksud dan tujuan penelitian ialah agar mengetahui kinerja persimpangan tak bersinyal dan memberikan solusi permasalahan yang sering terjadi pada simpang tiga jalan Moh. Yakob Lubis dan jalan Besar Tembung. Penelitian ini menggunakan metode PKJI tahun 2023. Pengumpulan data dilakukan dengan cara survei secara langsung kelapangan. Hasil dari penelitian pada jam puncak yaitu hari senin pukul 07:00-09:00 WIB, volume lalu lintas tersebut tertinggi dari pada hari lain. Didapat nilai derajat kejenuhan(DJ) sebesar 0,99, Tundaan(T) sebesar 18,51 det/kend, Peluang antrian(Pa) berkisar 39%-78%. Tingkat pelayanan pada simpang tiga tak bersinyal di jalan moh. yakub lubis termasuk pada kriteria cukup(C). sebaiknya persimpangan dilengkapi rambu-rambu lalu lintas seperti alat pemberi isyarat lalu lintas dan melakukan perubahan arus lalu lintas.

Kata-kata kunci: simpang tiga tak bersinyal; derajat kejenuhan; tundaan.

I. PENDAHULUAN

Persimpangan merupakan suatu jalan pertemuan yang bersilangan antara dua ruang jalan maupun lebih serta kompleks berupa ruang persimpangan yang bervariasi sederhana dari beberapa ruas jalan, itulah yang dimaksud persimpangan menurut, (Tamin, 2000).

Persimpangan juga merupakan salah satu yang sering menjadi penyebab kemacetan terutama simpang tak bersinyal di perkotaan, meningkatnya jumlah kendaraan di jalan raya guna pemenuhan kepentingan manusia akan berdampak pada kemacetan (Morlok, 1988).

Persimpangan di jalan Moh. Yakob Lubis yang mempunyai kepadatan lalu lintas pada jam tertentu mengalami kemacetan dan penurunan kecepatan di beberapa segmen jalan. Jalan Moh. Yakob Lubis memiliki beberapa persimpangan yang sering menjadi konflik lalu lintas pada saat

jam tertentu, terutama di persimpangan tiga lengan tak bersinyal yang mempertemukan jalan Moh. Yakob Lubis, dan Jalan Besar Tembung. Persimpangan ini memiliki kondisi yang cukup penting karena menjadi pertemuan antara jalan Moh. Yakob Lubis Kabupaten Deli Serdang menuju jalan Besar Tembung Kota Medan. Sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja persimpangan tersebut, dari latar belakang inilah peneliti mengambil judul Evaluasi Kinerja Persimpangan Tak Bersinyal Di Jalan Moh. Yakob Lubis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada simpang tak bersinyal berlaku suatu aturan yang disebut *General Priority Rule* yaitu kendaraan yang terlebih dahulu berada di persimpangan tersebut mempunyai hak untuk berjalan terlebih dahulu daripada kendaraan

yang baru memasuki persimpangan. Sedangkan menurut bentuknya, simpang dikelompokkan menjadi dua macam yaitu pertemuan atau persimpangan jalan sebidang yang meliputi pertemuan atau persimpangan bercabang 3 (tiga), pertemuan atau persimpangan bercabang 4 (empat), pertemuan atau persimpangan bercabang banyak dan bundaran (*rotary intersection*) serta pertemuan atau persimpangan jalan yang tidak sebidang (Hariyanto, 2004).

Menurut (Sukino, 2013), tingkat pelayanan simpang yang baik ditunjukkan dengan derajat kejenuhan di bawah 0,75 dan waktu tundaan yang minim. Apabila simpang menunjukkan performa buruk berdasarkan indikator-indikator tersebut, maka diperlukan tindakan rekayasa lalu lintas seperti penerapan sistem satu arah, pemberian prioritas, atau pemasangan rambu lalu lintas.

Persimpangan antara Jalan Moh. Yakub Lubis dan Jalan Besar Tembung merupakan simpang tiga tak bersinyal yang memiliki tingkat kepadatan lalu lintas tinggi pada jam tertentu. Berdasarkan penelitian oleh (Fajri & Burhan, 2019), kondisi serupa terjadi di berbagai kawasan perkotaan di mana tidak tersedianya pengaturan sinyal menyebabkan pertemuan arus lalu lintas menimbulkan antrean dan keterlambatan.

Evaluasi kinerja simpang tak bersinyal dapat dilakukan menggunakan pedoman dari (Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), 1997). Beberapa indikator yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja simpang antara lain:

- Derajat kejenuhan (DS)
- Waktu tundaan rata-rata (delay)
- Panjang antrean

Secara umum, persimpangan dibedakan menjadi dua yaitu sebidang dan tidak sebidang. Persimpangan sebidang dapat berupa simpang tiga (T), simpang empat (X), simpang banyak, dan bundaran (*rotary*). Menurut (Hariyanto, 2004), klasifikasi ini penting karena masing-masing jenis memiliki karakteristik lalu lintas yang berbeda.

III. METODE

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian simpang tiga tak bersinyal tepatnya di persimpangan jalan yang

mempertemukan antara Jalan Moh. Yakob Lubis dan Jalan Besar Tembung.



Gambar 1. Lokasi penelitian

B. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data primer dilakukan dengan mengamati langsung kondisi di lapangan pada waktu-waktu puncak. Survei ini bertujuan untuk mendapatkan data terkait volume lalu lintas, kondisi geometrik persimpangan, serta jumlah dan jenis kendaraan yang melintas. Data ini sangat berharga untuk perhitungan kapasitas simpang dan menganalisis derajat kejenuhan. Survei di lapangan memberikan informasi yang lebih spesifik dan relevan tentang kondisi lalu lintas yang sedang berlangsung. Sedangkan untuk data sekunder didapatkan melalui jurnal, buku, dan informasi online digunakan untuk melengkapi atau membandingkan data yang diperoleh dari survei lapangan. Meskipun data sekunder ini memberikan gambaran umum dan konteks tambahan, hasil survei lapangan tetap menjadi referensi utama karena mencerminkan kondisi nyata yang ada di lapangan. Variabel utama yang diukur yaitu, Jumlah dari masing-masing kendaraan yang melintas di persimpangan jalan yang telah ditetapkan tersebut, yaitu:

1. Kendaraan Ringan (MP)/Mobil penumpang dan truk kecil.
2. Kendaraan Berat (KB)/Bis, truk 2 as dan truk kombinasi.
3. Sepeda motor (SM)/Sepeda motor dan kendaraan roda 3.
4. Kendaraan tak bermotor (KTB)/Sepeda dan becak dayung.

C. Metode Analisis

Metode analisis data pada persimpangan tiga lengan tak bersinyal dilakukan dengan mengikuti Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, yang memberikan pedoman teknis untuk mengevaluasi kinerja jalan dan simpang di Indonesia. PKJI menjadi referensi utama dalam perhitungan kapasitas simpang, yang

memungkinkan penilaian terhadap efektivitas suatu persimpangan dalam mengatur aliran lalu lintas. Hal ini penting untuk mengetahui apakah persimpangan tersebut dapat menangani volume kendaraan dengan baik dan seberapa efisien simpang tersebut dalam mendukung kelancaran arus kendaraan.

Di sisi lain, kriteria pelayanan simpang juga mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015, yang menetapkan standar pelayanan persimpangan. Peraturan ini memberikan panduan mengenai kualitas pelayanan yang harus dicapai oleh persimpangan, baik dari segi kapasitas maupun kemudahan pergerakan kendaraan di simpang. Kriteria ini sangat berguna dalam memastikan bahwa simpang berfungsi dengan baik dalam melayani lalu lintas dan mengurangi kemacetan.

Untuk analisis, data dikumpulkan dan kondisi lalu lintas saat ini dianalisis untuk mengevaluasi apakah simpang tersebut dapat menampung volume kendaraan yang melintas tanpa menyebabkan kemacetan. Dengan demikian, tujuannya adalah untuk meningkatkan kapasitas simpang dan memaksimalkan efisiensi aliran lalu lintas di persimpangan yang ditinjau.

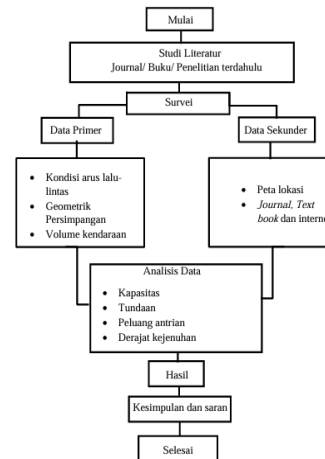
Pada analisis ini, kapasitas simpang dihitung untuk mengetahui berapa banyak kendaraan yang dapat melewati simpang dalam satu jam tanpa menimbulkan kemacetan. Derajat kejenuhan dihitung dengan membandingkan volume kendaraan yang melintas dengan kapasitas simpang, yang dapat menunjukkan apakah simpang tersebut berada pada kondisi kemacetan atau tidak. Jika derajat kejenuhan lebih besar dari 1,0, maka simpang sudah mendekati kapasitas maksimalnya, yang menandakan adanya potensi kemacetan.

Selanjutnya, tundaan yang terjadi di persimpangan dihitung untuk mengetahui berapa lama kendaraan harus menunggu akibat kemacetan atau hambatan lainnya. Tundaan ini dapat dibagi menjadi tundaan yang disebabkan oleh volume lalu lintas dan tundaan akibat faktor geometrik simpang. Perhitungan tundaan ini penting untuk memahami seberapa banyak waktu yang terbuang oleh kendaraan saat melewati simpang.

Terakhir, peluang antrian dihitung untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan kendaraan harus mengantri di persimpangan. Semakin tinggi derajat kejenuhan, semakin besar

pula peluang terjadinya antrian. Dengan analisis ini, diharapkan dapat diketahui apakah kapasitas simpang mencukupi atau perlu adanya perbaikan agar kemacetan dapat dihindari, serta untuk memastikan lalu lintas tetap lancar dan efisien.

D. Kerangka Berpikir



Gambar 2. Kerangka berpikir

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

Simpang Moh Yakub merupakan simpang yang terdiri dari tiga lengan yang mempertemukan yaitu disebelah Timur Jl. Moh Yakob Lubis, dan sebelah Utara dan Selatan Jl. Besar Tembung. Dengan titik koordinat 3.354818,98.444662. Berikut adalah data geometrik simpang:

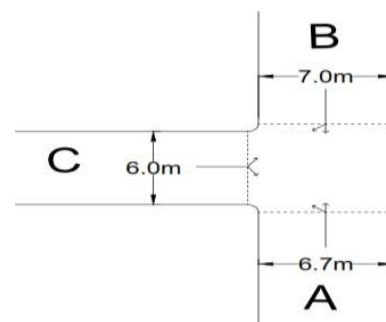
Utara (B) = Jalan Besar Tembung dengan lebar 7 meter.

Selatan (A) = Jalan Besar Tembung dengan lebar 6,7 meter.

Timur (C) = Jalan Moh. Yakub Lubis dengan lebar 6 meter.

Median jalan = Tidak ada

Tipe simpang = 322



Gambar 3. Geometrik simpang

Tabel 1. Data Arus Lalu Lintas kend/jam Hari Senin Pagi Jam 7.00-9.00

Senin 24/02/20 25 Pagi Jam 7.00-9.00	Tipe Kendaraan	Pendekat (kend/jam)					
		A		B		C	
		Bki	LRS	BKa	LRS	Bki	BKa
	MP	226	342	272	314	0	246
	KS	24	82	23	96	12	28
	SM	668	824	638	700	422	467
	KTb	0	1	3	0	3	5

Dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, konsep Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) digunakan untuk menyetarakan berbagai jenis kendaraan ke dalam satuan standar, yaitu satuan mobil penumpang. Pendekatan ini bertujuan untuk memudahkan dalam analisis kapasitas jalan dan simpang, karena setiap jenis kendaraan memiliki karakteristik fisik dan perilaku yang berbeda di jalan raya, seperti ukuran, akselerasi, manuver, dan dampaknya terhadap kelancaran arus lalu lintas. Ekuivalensi mobil Penumpang (EMP), yaitu:

Mobil penumpang (MP), Nilai EMP = 1,0

Kendaraan Sedang (KS), Nilai EMP = 1,3

Sepeda Motor (SM), Nilai EMP = 0,2

Tabel 2. Data Arus Lalu Lintas SMP/jam Hari Senin Pagi Jam 7.00-9.00

Senin 24/02/2025	Tipe Kendaraan	Pendekat (SMP/jam)					
		A		B		C	
		Bki	LRS	BKa	LRS	Bki	Bka
	MP	226	342	272	314	0	246
	KS	37	128	55	136	12	43
	SM	124	146	153	132	89	97
	Total	387	616	480	582	101	386

1. Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang (C) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

- Kapasitas dasar untuk tipe simpang 322
 $C_0 = 2700 \text{ SMP/jam}$
- Faktor koreksi lebar pendekat rata – rata
 $F_{LP} = 0,73 + 0,0760 \times 5 = 1,11$
- Faktor koreksi ukuran kota
 $F_M = 1,00$
- Faktor koreksi ukuran kota
- Faktor ukuran kota termasuk besar 1,0 – 3,0 juta jiwa sehingga didapat nilai faktor ukuran kota yaitu :
- $F_{UK} = 1,00$
- Faktor koreksi hambatan samping
 $F_{HS} = 0,93$

h. Faktor Koreksi rasio belok kiri

$$F_{BKI} = 0,84 + 1,61 R_{BKI}$$

$$R_{BKI} = \frac{488}{2552} = 0,19$$

$$F_{BKI} = 0,84 + 1,61 \times 0,19 = 1,15$$

i. Faktor koreksi rasio belok kanan

$$F_{BKa} = 1,09 - 0,922 R_{BKa}$$

$$R_{BKa} = \frac{866}{2552} = 0,34$$

$$F_{BKa} = 1,09 + 0,922 \times 0,34 = 0,78$$

j. Faktor koreksi rasio arus jalan minor

$$F_{mi} = 1,19 \times R_{mi}^2 - 1,19 \times R_{mi} + 1,19$$

$$R_{mi} = q_{mi} / q_{KB}$$

$$R_{mi} = \frac{487}{2552} = 0,19$$

$$F_{mi} = 1,19 \times 0,19^2 - 1,19 \times 0,19 + 1,19 = 1,01$$

k. Kapasitas

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKI} \times F_{BKa} \times F_{Rmi}$$

$$C = 2525,12 \text{ SMP/jam}$$

Kapasitas suatu simpang tak bersinyal ditentukan melalui perhitungan berdasarkan nilai kapasitas dasar yang disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan. Untuk simpang tiga lengan tipe 322, kapasitas dasarnya adalah 2700 SMP/jam. Nilai ini dikalikan dengan sejumlah faktor koreksi agar mencerminkan kondisi riil seperti lebar pendekat, karakteristik kota, serta pengaruh hambatan samping dan pola pergerakan kendaraan.

Lebar pendekat simpang yang sebesar 5 meter menghasilkan faktor koreksi sebesar 1,11. Wilayah simpang berada dalam kategori kota besar dengan populasi antara 1 hingga 3 juta jiwa, sehingga faktor ukuran kota dan faktor koreksi kota masing-masing bernilai 1,00. Aktivitas di sekitar jalan seperti parkir dan pejalan kaki memengaruhi arus lalu lintas dan dihitung melalui faktor hambatan samping yang nilainya 0,93.

Selain itu, pergerakan kendaraan yang belok kiri dan kanan turut memengaruhi kapasitas. Rasio belok kiri sebesar 0,19 memberikan nilai koreksi sebesar 1,15, sementara rasio belok kanan sebesar 0,34 menghasilkan faktor koreksi sebesar 0,78. Proporsi arus kendaraan dari jalan minor terhadap total arus sebesar 0,19 memberikan faktor koreksi sebesar 1,01.

Setelah seluruh faktor koreksi diterapkan terhadap kapasitas dasar, didapatkan nilai

kapasitas aktual simpang sebesar 2525,12 SMP/jam. Nilai ini digunakan untuk menilai seberapa besar beban lalu lintas yang dapat ditangani simpang sebelum terjadi gangguan arus lalu lintas yang signifikan.

2. Kinerja Simpang

Kinerja simpang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

- a. Derajat kejenuhan

$$Dj = \frac{q}{c} = \frac{2552}{2421} = 1,05$$

- b. Tundaan

Tundaan terjadi karena dua hal yaitu tundaan karena lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan karena geometri (T_G). Sehingga didapat tundaan dengan persamaan berikut :

$$Dj > 0,60 : T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042Dj)} - (1 - Dj)^2 = 17,82 \text{ detik/SMP}$$

$$Dj < 1 : T_G = (1 - DJ) \times \{6 R_B + 3 (1 - R_B)\} + 4 Dj = 3,96 \text{ detik/SMP}$$

$$T = T_{LL} + T_G = 21,78 \text{ detik/SMP}$$

- c. Peluang antrian

Peluang Antrian dinyatakan dalam persen (%) dan dapat ditentukan tergantung derajat kejenuhan melalui persamaan berikut:

$$Pa = 47,71 Dj - 24,68 Dj^2 + 56,47 Dj^3 = 89 \%$$

$$Pa = 9,02 + 20,66 Dj^2 + 10,49 Dj^3 = 43,94 \%$$

Kinerja simpang dapat dianalisis melalui beberapa parameter utama, termasuk derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrian. Derajat kejenuhan (Dj) dihitung dengan membandingkan volume arus lalu lintas (q) terhadap kapasitas simpang (C). Dalam hal ini, volume arus lalu lintas sebesar 2552 SMP/jam dan kapasitas simpang yang dihitung sebelumnya adalah 2421 SMP/jam. Dengan menggunakan rumus $Dj = q/C$, diperoleh nilai Dj sebesar 1,05, yang menunjukkan bahwa simpang mengalami kondisi jenuh atau kemacetan, karena nilai Dj lebih dari 1,0.

Tundaan pada simpang disebabkan oleh dua faktor, yaitu tundaan yang berasal dari lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan yang disebabkan oleh

geometri (T_G). Tundaan lalu lintas dihitung dengan rumus yang digunakan ketika Dj lebih besar dari 0,60, menghasilkan nilai T_{LL} sebesar 17,82 detik/SMP. Sedangkan tundaan karena geometri dihitung dengan rumus untuk Dj kurang dari 1, yang menghasilkan T_G sebesar 3,96 detik/SMP. Total tundaan (T) diperoleh dengan menjumlahkan T_{LL} dan T_G, menghasilkan nilai total tundaan sebesar 21,78 detik/SMP.

Peluang antrian (Pa) dihitung untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan kendaraan akan mengantri di simpang berdasarkan derajat kejenuhan. Dua rumus digunakan untuk menghitung peluang antrian berdasarkan Dj. diperoleh peluang antrian sebesar 89%. kedua, menghasilkan peluang antrian sebesar 43,94%. Semakin tinggi nilai Pa, semakin besar kemungkinan antrian akan terjadi di simpang.

1. Lebar Pendekat dan Tipe Simpang

Pilihan	Jumlah	Lebar Pendekat, m					L _{RP}	Jumlah Lajur	Tipe
		Lengan Sim pang	Jalan Minor LC	Jalan Mayor			Jalan Minor	Jalan Mayor	Simpang
Pagi	3	3	L _A 3,35	L _B 3,5	L _{AB} 3,43	5	2	2	322

2. Menghitung Kapasitas: $C = C_0 \times FLP \times FM \times FUK \times FHS \times FBKI \times FBKa \times FRmi$

Pilihan Kapasitas	dasar C ₀ SMP/jam	Lebar rata-rata simpang pendekat FLP	Median jalan mayor FM	Ukuran jalan kota FUK	Hambatan Samping FHS	Belok kiri FBKI	Belok kanan FBKa	Rasio minor /total FRmi	C SMP/jam
Pagi	2700	1,11	1	1	0,93	1,32	0,84	0,961	2981

3. Menetapkan Kinerja Lalu Lintas: Dj, T, dan Pa

Pilihan	Arus lalu lintas total q _{Tot} SMP/jam	Derajat kejenuhan Dj	Tundaan lalu lintas simpang T _{LL}	Tundaan lalu lintas jalan mayor T _{LLma}	Tundaan lalu lintas jalan minor T _{LLmi}	Tundaan geometri Sim pang T _G	Tundaan Sim pang T _{LL + T_G}	Peluang antrian P _a	Sasaran
Pagi	2552	1,05	17,82	12	30,1	3,96	21,78	43,94-89	

V. KESIMPULAN

Hasil perhitungan volume arus lalu lintas total (q_{Tot}) pada hari senin pada kondisi jam puncak 07:00-09:00 WIB diperoleh nilai sebesar 2945 SMP/jam nilai ini lebih besar dari volume lalu lintas di hari lain, kondisi lalu lintas ini sudah mendekati tidak stabil sehingga berpotensi mengalami kemacetan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan nilai kapasitas simpang (C) simpang tak bersinyal pada jalan moh. yakub lubis didapatkan nilai sebesar 2981 SMP/jam melebihi kapasitas dasar yaitu 2700 SMP/jam. Nilai derajat kejenuhan (DJ) pada simpang tak bersinyal jalan moh. yakub lubis sebesar DJ = 0,99 nilai DJ melampaui batas normal yaitu 0,85. Dari hasil perhitungan derajat kejenuhan maka di dapat tundaan (T) 18,51 detik/kend dan peluang antrian (Pa) berkisar diantara 39%-78% dimana tingkat

pelayanan termasuk pada kriteria C (cukup) menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015.

Solusi yang dapat meningkatkan kinerja persimpangan yaitu dengan dilengkapi rambu-rambu lalu lintas, di tambah alat pemberi sinyal arus lalu lintas dan dilakukan perubahan arus lalu lintas.

REFERENSI

Departement Pekerjaan Umum. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.

Fajri, L., & Burhan, M. (2019). Penerapan sistem satu arah untuk meningkatkan kinerja lalu lintas di kawasan perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil ITS*, 8(1), 67 - 74.

Hariyanto, I. (2004). *Rekayasa lalu lintas*. Rineka Cipta.

Morlok, E. K. (1988). *Introduction to transportation engineering and planning*. McGraw - Hill.

Sukino, D. (2013). Analisis tingkat pelayanan jalan arteri primer di kawasan perkotaan. *Jurnal Transportasi*, 5(2), 45-52.

Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. ITB Press.