

Peningkatan Kinerja Simpang Karet di Kabupaten Magelang

Improving the Performance of Karet Intesection in Magelang Regency

Aulianisa Azzahra Salsabila¹, Agus Pramono, S.H., M.M. ²; Ahyani, S.T., M.T. ³

Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD

Jalan Raya Setu KM 3,5 Cibitung, Bekasi, Jawa Barat 17520

E-mail: aulianisa795@gmail.com

Abstarct

Karet Intersection is the main access to the Borobudur Temple Tourism Area which has a high level of traffic activity. This intersection has a fairlyhigh traffic volume so that congestion often occurs, especially during peak hours. To overcome these problems, it is necessary to improve the performance of the intersection. The purpose of this research is to analyze the performance of the intersection and determine proposed solutions to improve the performance of the intersection. The analysis method used in this research is intersection performance analysis, which refers to the degree of saturation, queue length, and delay. This analysis was carried out using Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Proposed problem solving is obtained from the results of the analysis, namely by increasing the width of the road on the approach to the intersection and implementing a 2-phase traffic signal. The results of the study found that the performance of the intersection has increased for the degree of saturation of 0,64, queuing of 26, 31 meters, and delays reaching 14,79 sec/smp. So that the level of service at the Karet Intersection is B with an indicator of delay of 5-15 sec /smp.

Keywords: *Intersection Performance, Degree of Saturation, Queuing Opportunity, Delay*

Abstrak

Simpang Karet merupakan akses utama menuju Kawasan Wisata Candi Borobudur yang memiliki tingkat aktivitas kegiatan lalu lintas yang tinggi. Pada simpang ini memiliki volume lalu lintas yang cukup tinggi sehingga sering terjadi kemacetan terutama pada jam-jam sibuk. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan peningkatan terhadap kinerja simpang. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja simpang dan menentukan usulan pemecahan masalah guna meningkatkan kinerja simpang. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kinerja simpang, yang mengacu pada derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Usulan pemecahan masalah diperoleh dari hasil analisis yaitu dengan penambahan lebar jalan pada pendekat simpang dan penerapan APILL 2 Fase. Hasil dari penelitian didapatkan kinerja simpang mengalami peningkatan untuk derajat kejenuhan 0,65, antrian 26,31 meter, dan tundaan mencapai 14,79 det/smp. Sehingga tingkat pelayanan pada Simpang Karet adalah B dengan indikator tundaan 5-15 det/smp.

Kata Kunci: Kinerja Simpang, Derajat Kejenuhan, Peluang Antrian, Tundaan

PENDAHULUAN

Kabupaten Magelang merupakan kabupaten yang terletak di jalur transportasi Jawa Tengah yang menjadikannya sebagai lokasi strategis sehingga terdapat banyak kendaraan yang keluar masuk ke wilayah Kabupaten Magelang yang menyebabkan kemacetan pada jam sibuk terutama di persimpangan. Persimpangan di Kabupaten Magelang dikendalikan oleh beberapa jenis pengendalian, yaitu simpang tidak bersinyal dan simpang bersinyal.

Simpang Karet merupakan simpang tidak bersinyal yang terletak pada ruas jalan kolektor primer dengan tata guna lahan komersial serta hambatan samping rendah. Lokasi Simpang Karet merupakan lokasi persimpangan strategis karena simpang tersebut merupakan akses utama menuju Kawasan Strategis Pariwisata Nasional Candi Borobudur.

Simpang Karet merupakan simpang dengan arus lalu lintas cukup tinggi, dimana kapasitas pada simpang ini adalah 2.852 smp/jam, derajat kejenuhan 0,88, peluang antrian 31-61%, dan rata-rata

tundaan 15,11 det/smp sehingga diidentifikasi tingkat pelayanan kinerja simpang tersebut adalah C. Hal tersebut disebabkan karena tingginya volume lalu lintas namun kurang optimalnya kinerja simpang tersebut, sehingga sering terjadi kemacetan di Simpang Karet terutama pada saat jam sibuk. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya upaya peningkatan kinerja simpang guna kelancaran arus lalu lintas dan efisiensi simpang dapat tercapai.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kinerja simpang, peningkatan kinerja simpang, perbandingan sebelum dan sesudah dilakukannya upaya peningkatan, dan layout usulan terpilih dalam upaya peningkatan kinerja simpang. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kinerja simpang, yang mengacu pada derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023).

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan sehubungan dengan pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL) tepatnya pada Bulan Februari sampai Mei 2024 di Kabupaten Magelang. Lokasi ini dilakukan pada Simpang Karet di Kabupaten Magelang. Simpang Karet merupakan simpang 3 (tiga) tidak bersinyal dan merupakan pertemuan antara Jalan Krepekan-Borobudur dan Jalan Blondo-Mendut.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan terhadap data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung melalui survei di lapangan yang meliputi: data geometrik simpang dan volume lalu lintas simpang. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait mengenai Simpang Karet. Data yang didapatkan berupa data tata guna lahan dan data jaringan jalan.

Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dan metode analisis. Dalam kegiatan penelitian ini menggunakan survei inventarisasi simpang dan survei gerakan membelok terklasifikasi atau *Classified Turning Movement Counting* (CTMC) yang dilakukan di lapangan. Metode analisis yang dilakukan dengan menganalisis kinerja simpang yang ada serta mengusulkan beberapa usulan terkait peningkatan kinerja simpang. Selanjutnya, akan dibandingkan dan dipilih usulan terbaik untuk meningkatkan kinerja simpang atau dijadikan sebagai bahan pemecah permasalahan.

Dasar Teori

Kinerja Simpang Tidak Bersinyal

1. Kapasitas

Kapasitas persimpangan pada simpang tidak bersinyal dapat diperoleh dengan rumus:

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BKi} \times F_{BKa} \times F_{mi} \quad (1)$$

Dimana:

C = kapasitas simpang

C_0 = kapasitas dasar simpang

F_{LP} = faktor koreksi lebar rata-rata pendekat

F_M = faktor koreksi tipe median

F_{UK} = faktor koreksi ukuran kota

- F_{HS} = faktor koreksi hambatan samping
 F_{BKl} = faktor koreksi rasio arus belok kiri
 F_{BKk} = faktor koreksi rasio arus belok kanan
 F_{mi} = faktor koreksi rasio arus dari jalan minor

2. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan perbandingan dari total arus lalu lintas terhadap besarnya kapasitas suatu persimpangan.

$$Dj = q/c \quad (2)$$

Dimana:

- Dj = derajat kejenuhan
 q = semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang dengan satuan smp/jam
 c = kapasitas simpang, dalam smp/jam

3. Tundaan

Tundaan pada indikator simpang digunakan sebagai kriteria dalam menentukan tingkat kemacetan. Apabila makin besar nilai tundaan, maka makin besar pula tingkat kemacetan pada ruas jalan tersebut.

$$T = T_{LL} + T_{LL} \quad (3)$$

Dimana:

- T_{LL} = tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari semua arah
 T_G = tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan-kendaraan membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti

4. Peluang Antrian

Peluang antrian tergantung Derajat Kejenuhan (Dj). Peluang antrian sebagai salah satu dasar dalam penilaian kinerja lalu lintas simpang.

$$\begin{aligned}
 \text{Batas atas peluang} & : Pa = 47,71 Dj - 24,68 Dj^2 + 56,47 Dj^3 \\
 \text{Batas bawah peluang} & : Pa = 9,02 Dj - 20,66 Dj^2 + 10,49 Dj^3
 \end{aligned} \quad (4)$$

Kinerja Simpang Bersinyal

1. Kapasitas

Kapasitas persimpangan pada simpang tidak bersinyal dapat diperoleh dengan rumus:

$$C = J \times W_H / s \quad (5)$$

Dimana:

- C = kapasitas simpang
 J = arus jenuh (smp/jam)
 W_H = total waktu hijau dalam satu siklus (detik)
 s = waktu siklus (detik)

2. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan perbandingan dari total arus lalu lintas terhadap besarnya kapasitas suatu persimpangan.

$$D_j = q/c \quad (6)$$

Dimana:

D_j = derajat kejenuhan

q = semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang dengan satuan smp/jam

c = kapasitas simpang, dalam smp/jam

3. Tundaan

Tundaan pada simpang APILL yaitu penjumlahan antara tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G).

$$T_i = T_{LL} + T_G \quad (7)$$

Dimana:

T_{LL} = tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari semua arah

T_G = tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan-kendaraan membelok pada suatu simpang dan/atau berhenti

4. Panjang Antrian

Panjang antrian merupakan jumlah rata-rata kendaraan (smp) pada awal isyarat hijau (N_q) dihitung sebagai jumlah kendaraan berhenti (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) ditambah jumlah kendaraan (smp) yang datang dan berhenti dalam antrian selama fase merah (N_{q2}).

$$P_A = N_q \times 20/LM \quad (8)$$

Dimana:

P_A = panjang antrian

N_q = jumlah rata-rata kendaraan pada awal isyarat hijau

L_M = lebar masuk

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kondisi Eksisting Simpang Karet

Tabel 1. Hasil Analisis Kondisi Eksisting

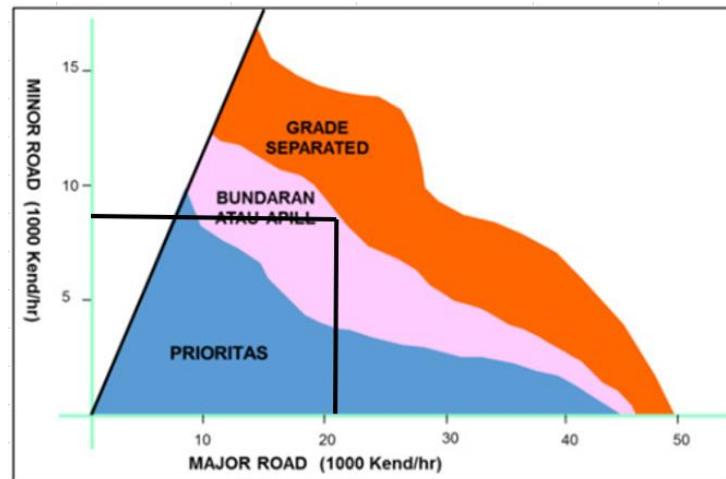
Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Peluang Antrian (%)	Tundaan Simpang (det/smp)	Tingkat Pelayanan
2.500	2.852	0,88	31 61	15,11	C

Dari tabel diatas dapat diperoleh hasil analisis dengan beberapa indikator tingkat pelayanan kinerja simpang tidak bersinyal. Untuk menentukan tingkat pelayanan kinerja

simpang berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan RI No. 96, 2015. Kemudian dapat diketahui kinerja simpang yang diperlukan penanganan dengan derajat kejenuhan 0,88 dan tundaan simpang 15,11 det/smp.

2. Analisis Jenis Pengendalian Simpang

Menurut PKJI 2023, jika $D_j \geq 0,85$, maka diperlukannya peningkatan kinerja simpang. Dalam upaya peningkatan kinerja simpang utamanya dilakukan peningkatan kapasitas dengan penambahan lebar pendekat pada kaki simpang. Selain penambahan lebar pendekat pada simpang dapat dilakukan perubahan tipe pengendalian simpang dengan menyesuaikan volume lalu lintas pada masing-masing kaki simpang yang ditentukan menggunakan grafik penentu pengendalian simpang.



Gambar 1. Jenis Pengendalian Simpang

Berdasarkan grafik diatas, setelah dilakukan perhitungan pengendalian simpang berdasarkan Lalu Lintas Harian Rata-Rata untuk jalan mayor sebesar 21.763 kendaraan/hari sedangkan untuk jalan minor sebesar 9.488 kendaraan/hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tipe pengendalian yaitu dengan APILL atau Bundaran. Namun, pada Simpang Karet ini tidak memungkinkan untuk menggunakan tipe pengendalian bundaran, karena Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 93 Tahun 2015, bundaran dapat diterapkan pada simpang dengan kaki pendekat paling sedikit adalah 4, sedangkan pada Simpang Karet merupakan simpang dengan 3 kaki pendekat.

3. Analisis Peningkatan Kinerja Simpang Karet

a. Usulan I

Pada usulan I yaitu melakukan penambahan lebar jalan pada pendekat simpang. Maka pada tahap ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang. Penambahan lebar jalan pada pendekat simpang dilakukan pada kaki pendekat Timur dan Selatan, karena pada kaki pendekat Timur dan Selatan memiliki bahu jalan yang besar.

Tabel 2. Hasil Analisis Usulan I

Arus Lalu Lintas (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Peluang Antrian (%)	Tundaan Simpang (det/smp)
2.500	3.128	0,80	26	13,57
			51	

b. Usulan II

Pada usulan II yaitu melakukan perubahan tipe pengendalian menggunakan APILL 2 Fase. Maka pada tahap ini dilakukan perhitungan dan penentuan fase untuk meningkatkan kinerja simpang.

Tabel 3. Hasil Analisis Usulan II

No	Tipe Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	D_f	P_A (m)	T_i (det)	Tundaan rata-rata (det/smp)
1	Selatan	837	0,78	50,59	24,78	18,76
2	Timur	1.050	0,78	59,01	19,77	
3	Barat	1.706	0,48	26,71	12,88	

FASE 1	20	3	2	29	2	S
FASE 2	23		2	26	3	T/B

56

Gambar 2. Waktu Siklus Usulan II

c. Usulan III

Pada usulan III yaitu melakukan penambahan lebar jalan pada pendekat simpang dan melakukan perubahan tipe pengendalian menggunakan APILL 2 Fase. Maka pada tahap ini dilakukan perhitungan dan penentuan fase untuk meningkatkan kinerja simpang.

Tabel 4. Hasil Analisis Usulan III

No	Tipe Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	D_f	P_A (m)	T_i (det)	Tundaan rata-rata (det/smp)
1	Selatan	1.025	0,64	26,31	15,02	14,79
2	Timur	1.270	0,65	23,50	14,76	
3	Barat	1.270	0,64	23,10	14,64	

FASE 1	15	3	2	16	2	S
FASE 2	18		2	13	3	T/B

38

Gambar 3. Waktu Siklus Usulan I

4. Perbandingan Kinerja Simpang Setelah Peningkatan Kinerja

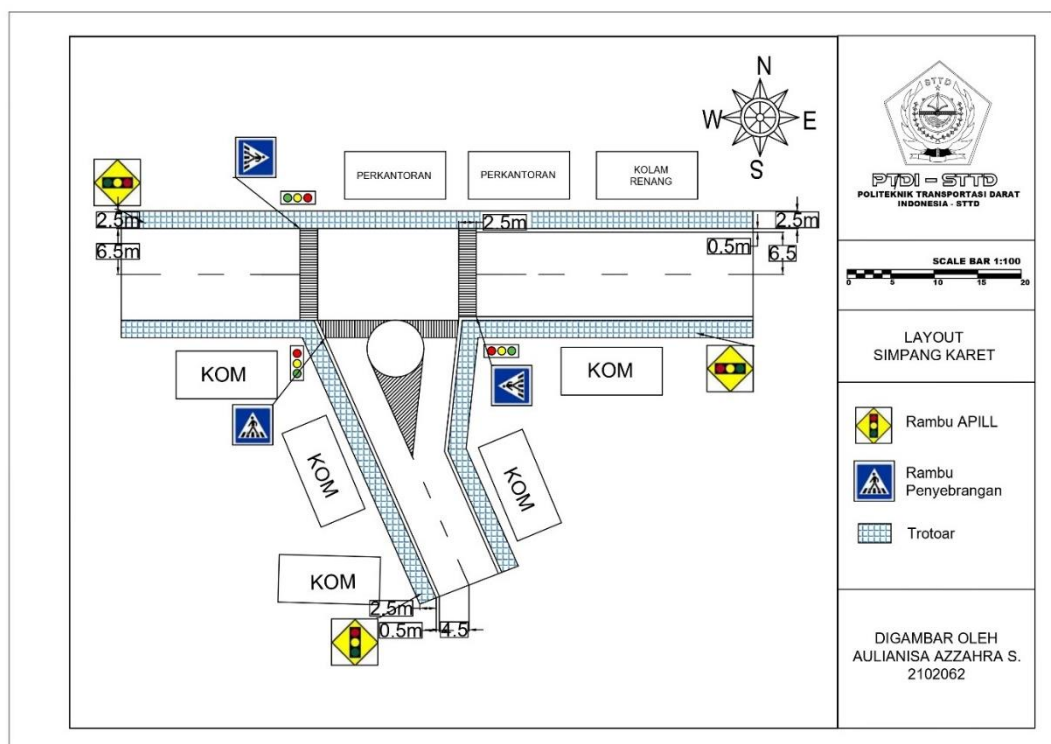
Tabel 5. Perbandingan Kinerja Simpang

No	Tipe Pendekat	Kondisi Eksisting	Usulan I	Usulan II	Usulan III
Derajat Kejenuhan					
1	Selatan	0,88	0,80	0,78	0,64
2	Timur			0,78	0,65
3	Barat			0,48	0,64
Antrian					
1	Selatan	31-61%	26-51%	50,59 m	26,31 m
2	Timur			59,01 m	23,50 m
3	Barat			26,71 m	23,10 m
Tundaan					
1	Selatan	15,11 det/smp	13,57 det/smp	18,76 det/smp	14,79 det/smp
2	Timur				
3	Barat				
Tingkat Pelayanan					
		C	B	C	B

5. Upaya Peningkatan Kinerja Simpang Terpilih

Berdasarkan hasil perbandingan kinerja pada kondisi eksisting dan usulan skenario yang telah dilakukan sebagai upaya peningkatan kinerja lalu lintas pada Simpang Karet dengan melakukan perbandingan antara derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan dari masing-masing skenario maka dapat diambil usulan terbaik yaitu usulan III. Pada usulan III, dilakukan penambahan lebar jalan pada pendekat simpang dan pengendalian APILL 2 Fase.

Hasil dari usulan III menunjukkan adanya peningkatan kinerja lalu lintas pada Simpang Karet dimana derajat kejenuhan eksisting 0,88 mengalami penurunan menjadi 0,65. Untuk antrian yang mana sebelumnya mencapai 31-61% mengalami penurunan menjadi panjang antrian terpanjang 26,31 meter. Kemudian untuk tundaan pada Simpang Karet juga mengalami penurunan yang semula 15,11 det/smp menjadi 14,79 det/smp. Sehingga tingkat pelayanan pada Simpang Karet mengalami penurunan menjadi B dengan kategori tundaan 5-15 det/smp.



Gambar 4. Layout Usulan Terpilih

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan mengenai peningkatan kinerja Simpang Karet, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi kinerja lalu lintas saat ini pada Simpang Karet memiliki volume 2.500 smp/jam, derajat kejenuhan 0,88, peluang antrian mencapai 31-61%, dengan tundaan simpang 15, 11 det/smp. Dalam hal tersebut, dapat diartikan bahwa tingkat pelayanan pada Simpang Karet adalah C.
2. Peningkatan kinerja pada Simpang Karet setelah mengetahui kondisi eksisting dapat diatur ulang untuk mencari kinerja yang terbaik dengan usulan penentuan sebagai berikut:
 - a. Usulan I, dengan dilakukannya pelebaran jalan pada pendekat simpang. Pada usulan I ini memiliki derajat kejenuhan 0,80, panjang antrian 26-51%, dan tundaan 13,57 det/smp. Tingkat pelayanan simpang ini setelah diterapkan usulan I menjadi B

- b. Usulan II, dengan dilakukannya penerapan APILL 2 Fase. Pada usulan II ini memiliki derajat kejenuhan paling tinggi mencapai 0,78, panjang antrian mencapai 59,01 meter pada kaki Timur, dan tundaan 18,76 det/smp. Tingkat pelayanan simpang ini setelah diterapkan usulan II tetap berada pada indikator C.
 - c. Usulan III, dengan dilakukannya pelebaran jalan dan penerapan APILL 2 Fase. Pada usulan III memiliki derajat kejenuhan tertinggi 0,65, panjang antrian mencapai 26,31 meter pada kaki Timur, dan tundaan 14,79 det/smp. Tingkat pelayanan simpang ini setelah diterapkan usulan III tetap berada pada indikator B.
3. Berdasarkan analisis kondisi eksisting usulan untuk meningkatkan kinerja simpang yaitu dengan menambahkan lebar jalan pada pendekat simpang dan penerapan APILL 2 Fase. Pada usulan ini menghasilkan derajat kejenuhan sebesar 0,65, panjang antrian 26,31 meter, dan tundaan 14,79 det/smp. Kondisi tersebut menurut PM 96 Tahun 2015 berada pada tingkat pelayanan B.
 4. Berdasarkan layout usulan terpilih dalam upaya peningkatan kinerja lalu lintas simpang. Pada layout usulan terpilih, Simpang Karet dilengkapi dengan fasilitas perlengkapan jalan berupa APILL, *zebracross*, marka membujur garis utuh, marka melintang garis utuh, rambu peringatan APILL, rambu petunjuk penyebrangan bagi pejalan kaki.

SARAN

Untuk mendorong keberhasilan upaya peningkatan kinerja lalu lintas pada Simpang Karet Kabupaten Magelang, terdapat beberapa saran yang dapat diusulkan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan upaya dalam peningkatan kinerja lalu lintas pada Simpang Karet, untuk mengurangi derajat kejenuhan, antrian, dan juga tundaan. Simpang Karet berada pada jalan Kolektor Primer, sesuai dengan PM 96 Tahun 2015 kinerja simpang sekurang-kurangnya adalah B dengan tundaan 5-15 det/smp.
2. Dinas Perhubungan Kabupaten Magelang melaksanakan koordinasi dengan Dinas Pekerjaan Umum dalam rangka melakukan pelebaran pendekat simpang pada Simpang Karet
3. Perlu adanya evaluasi kinerja persimpangan mengenai derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan pada Simpang Karet secara berkala untuk mengantisipasi terjadinya kenaikan volume lalu lintas yang mengakibatkan kemacetan. Sehingga pengaturan simpang dapat disesuaikan dengan kondisi yang ada.
4. Perlu adanya penambahan fasilitas perlengkapan jalan seperti APILL, *zebracross*, marka membujur garis utuh, marka melintang garis utuh, rambu peringatan APILL, rambu petunjuk penyebrangan bagi pejalan kaki dalam upaya peningkatan kinerja Simpang Karet.

DAFTAR PUSTAKA

- Menteri Perhubungan Republik Indonesia. 2009. *Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta.
- _____, 2013. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2013 Tentang Jaringan Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan*. Pemerintah Republik Indonesia: 1–97. Jakarta.
- _____, 2001. *Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan*. Jakarta.
- _____, 2014. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 49 tahun 2014 tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas*. Jakarta.
- _____, 2014. *Peraturan Menteri Perhubungan RI Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta.

Kementrian PUPR. 1997. Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota.

_____, 2019. “SE Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 21/PRT/M/2019.” *Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia*: 95–140.

_____, 2023. PEDOMAN KAPASITAS JALAN INDONESIA. *Brigham Young University* 1(69): 5–24.

_____, 2024. Perencanaan Teknik Geometrik Simpang.

AASHTO. 2018. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition - Table of Contents and Introduction.

Akcelik, R. 1989. *Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis*. Victoria: Australian Road Research Board.

Azwansyah, H., & Juniardi, F. (2015). Perencanaan Sinyal Lampu Lalu Lintas Persimpangan Tiga Lengan Pada Jl. Tanjung Raya II – Jl. Panglima Aim Kota Pontianak. *Jurnal ELKHA*.

Bawangun, Virsilya, Theo K Sendow, and Elisabeth Lintong. 2015. Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal Untuk Simpang Jalan W.R. Supratman Dan Jalan B.W. Lopian Di Kora Manado. *Jurnal Sipil Statik* 3 (6): 422-34.

C. Jotin Khisty. 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Edisi Ketiga Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Oglesby, Clarkson H. And Hicks, R. Gary. *Teknik Jalan Raya Edisi Keempat, Terjemahan*. Jakarta.

Pratama, Adrian Akbar. 2012. Analisis Tundaan Pada Simpang Bersinyal Studi Kasus: Simpang Dago.

Syaikhu, Muhammad, Esti Widodo, dan Andy Kristafi A. 2017. Analisa Kapasitas dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Purwosari Kabupaten Pasuruan). *UREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia* 1 No. 1: 12.

Tamin, Ofyar Z. *Perencanaan & Pemodelan Transportasi*. Bandung, Indonesia: Penerbit ITB

Trilaksono, Fuad, Woro Partini Maryunani, dan Evi Puspitasari. 2020. “Perencanaan Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu Lintas (Apill) Pada Simpang Tak Bersinyal Ruas Jalan Magelang-Purworejo Km. 8 Tahun 2031.” : 2020.

Waris, Milawaty. 2022. “Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal Metode Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014.” *J-HEST Journal of Health Education Economics Science and Technology* 1(1): 46–54.