Peningkatan Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Pajaji di Kabupaten Sumedang

Improvement Of Traffic Performance at Pajaji Intersection In Sumedang Regency

Diva Candra Suryadinata[1], Anisa Mahadita Candrarahayu, S.ST, M.MTr[2];
Tatang Adhiatna ATD,Dip. TPP, M.Sc, M.DEV, Plg[3].
Politeknik Transportasi Darat Indonesia-STTD
Jalan Raya Setu KM 3,5 Cibitung, Bekasi, Jawa Barat
17520E-mail: divcandra@gmail.com

Abstract

Pajaji Intersection is one of the unsignalized intersections located in North Sumedang District, Sumedang Regency, with quite heavy traffic performance, having a saturation degree of 0.88, a queue probability between 31-61%, and a delay of 15.13 sec/vehicle, with an intersection service level of C.

The research method used was direct observation and recording. The basis for data analysis is the 2023 PKJI, with the intersection service level standardization using PM 96 of 2015.

The results of the research analysis show that proposed alternatives II and III can improve the intersection performance by widening the effective width of the approach from each leg of the intersection, eliminating side obstacles around the intersection, and also providing priority signs at the intersection and no-parking signs on each leg of the intersection, thus the intersection service level in proposals II and III was achieved with a saturation degree of 0.82, a queue probability of 27-53%, and a delay of 13.76 sec/vehicle in proposal II, while in proposal III, the saturation degree was 0.81, the queue probability was 26-52%, and the delay was 13.61 sec/vehicle with an intersection service level of B.

Keyword: *Intersection traffic performance, degree of saturation, delay, traffic signal, capacity improvement.*

Abstrak

Simpang Pajaji merupakan salah satu simpang tidak bersinyal yang berada di Kecamatan Sumedang Utara, Kabupaten Sumedang yang memiliki kinerja lalu lintas cukup padat dengan derajat kejenuhan sebesar 0,88, peluang antrian antara 31-61%, dan tundaan sebesar 15,13 det/smp, dengan tingkat pelayanan simpang C.

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan observasi dan penncatatan secara langsung. Dasar analisis data menggunakan PKJI 2023 dengan standarisasi Tingkat pelayanan simpang menggunakan PM 96 Tahun 2015.

Hasil dari analisis penelitian menunjukkan bahwa alternatif usulan II dan III dapat meningkatkan kinerja simpang dengan melakukan pelebaran lebar efektif pendekat dari tiap kaki simpang, menghilangkan hambatan samping yang berada di sekitar simpang dan juga memberi rambu prioritas pada simpang serta rambu larangan parkir pada tiap kaki simpang, sehingga didapatkan tingkat pelayanan simpang pada usulan II dan III dengan nilai derajat kejenuhan simpang sebesar 0,82, peluang antrian sebesar 27-53% dan tundaan sebesar 13,76 det/smp pada usulan II, sementara pada usulan III nilai derajat kejenuhan simpang sebesar 0,81, peluang antrian sebesar 26-52% dan tundaan sebesar 13,61 det/ smp dengan tingkat pelayanan simpang B.

Kata Kunci: Kinerja lalu lintas simpang, derajat kejenuhan, tundaan, APILL, Peningkatan Kapasitas.

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan aspek yang sangat penting dalam pembangunan suatu wilayah yang berfungsi sebagai pendorong, penggerak, dan salah satu penunjang keberhasilan di suatu wilayah. Transportasi darat merupakan alat transportasi yang sangat dibutuhkan dalam distribusi perjalanan orang maupun barang untuk menunjang segala aktivitas masyarakat sehari-hari dalam melakukan perpindahan tempat dari tempat asal menuju tujuan.

Pemerintah sebagai regulator perlu memberikan bimbingan, pembinaan serta penerapan aturan sehingga penyelengaraan transportasi dapat terlaksana secara tertib, teratur, aman, nyaman dan lancar. Begitupun Kabupaten Sumedang merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Barat, dengan luas wilayah studi seluas 155.871,98 Ha yang terdiri dari 26 kecamatan yang terdiri dari 270 desa dan 7 kelurahan.

Dari 26 Kecamatan, penulis membahas salah satu Kecamatan yaitu Kecamatan Sumedang Utara yang merupakan Central Bussiness District (CBD) dari wilayah Kabupaten Sumedang dimana tata guna lahan di wilayah ini di dominasi dengan pertokoan dan juga pendidikan yang tentu saja memiliki potensi sangat tinggi untuk terjadinya konflik di wilayah tersebut.

Persimpangan merupakan simpul dari jaringan lalu lintas dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu. Pada persmipangan sendiri sangat berpotensi akan terjadinya konflik lalu lintas tepat di daerah titik simpang yang ditentukan oleh bagaimana tipe pengaturan simpang tersebut dan volume lalu lintas yang melintasi simpang tersebut.

Simpang Pajaji merupakan simpang tidak bersinyal yang berada pada ruas jalan Prabu Geusan Ulun dengan volume 2.445smp/jam. Simpang Pajaji memiliki Derajat kejenuhan sebesar 0,88 dan tundaan simpang selama 15,13 detik serta peluang antrian 31%-61%. Pada Simpang Pajaji sendiri sebenarnya sudah dilengkapi alat pengaturan simpang berupa APILL namun tidak beroperasi, oleh karena itu konflik lalu lintas yang terjadi di simpang pun sangat tinggi terutama pada jam sibuk pagi yang tentunya dapat mengganggu kelancaran lalu lintas simpang dan menyebabkan antrian serta tundaan yang cukup besar. Analisis ini dilakukan agar pengaturan simpang menjadi optimal guna memperlancar arus lalu lintas pada Simpang Pajaji.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian berlokasi pada simpang pajaji yang berada pada ruas jalan Prabu Geusan Ulun dan Kebonkol di Kelurahan Situ, Kecamatan Sumedang Utara, Kabupaten Sumedang. Penelitian dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Kabupaten Sumedang pada bulan Februari-Mei 2024. Jadwal pelaksanaan penelitian dilakukan pada hari Senin s.d Jumat (hari kerja) pada periode sibuk pagi, siang dan sore.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan tehadap data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung melalui survei dilapangan yang meliputi: data geometrik simpang dan volume lalu lintas simpang. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansiterkait mengenai Simpang Pajaji. 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
   Pada simpang tidak bersinyal kapasitas dapat dihitung dengan rumus berikut:
   $C = CO \times FLP \times FM \times FUK \times FHS \times FBKi \times FBKa \times FRmi$ (5)

   Dimana:

   C = kapasitas simpang, dalam smp/jam.
   C0 = kapasitas dasar simpang, dalam smp/jam.
   FLP = faktor koreksi lebar rata-rata pendekat.
   FM = faktor koreksi tipe median.
   FUK = faktor koreksi ukuran kota.
   FHS = faktor koreksi hambatan samping.
   FBKi = faktor koreksi rasio arus belok kiri.
   FBKa = faktor koreksi rasio arus belok kanan.
   FRmi = faktor koreksi rasio arus dari jalan minor.

2. Faktor koreksi lebar rata-rata lebar pendekat

   Untuk menentukan lebar pendekat simpang dapat dilihat dari persamaan berikut:

Tabel 1 Faktor Koreksi Lebar Pendekat Rata-Rata

Tipe Simpang	Rumus
422	$F_{LP} = 0,70 + 0,0866\ L_{RP}$
424 atau 444	$F_{LP} = 0,61 + 0,0740\ L_{RP}$
322	$F_{LP} = 0,73 + 0,0760\ L_{RP}$
324 atau 344	$F_{LP} = 0,62 + 0,0646\ L_{RP}$

3. Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

   Untuk menentukan faktor koreksi median menggunakan persamaan berikut:

Tabel 2 Faktor Koreksi Median

Uraian	Tipe M	aktor penyesuaian median, ($F_{M)}$
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median jalan utama, lebar < 3m	Sempit	1,05
Ada median jalan utama, lebar ≥ 3m	Lebar	1,20

4. Faktor koreksi ukuran kota (FUK)

   Untuk menentukan faktor koreksi ukuran kota dapat menggunakan tabel berikut:

Tabel 3 Faktor koreksi ukuran kota

Ukuran Kota	Populasi penduduk, juta jiwa	F_{UK}
Sangat Kecil	<0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,88
Sedang	0,5-1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat Besar	>3,0	1,05

5. Faktor koreksi hambatan samping (FHS)
   Untuk menentukan faktor hambatan samping dan kendaraan tidak bermotor dapat menggunakan tabel berikut:

Tabel III. 1 Nilai Faktor koreksi hambatan samping

Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	F_{HS} untuk nilai R_{KTB}					
		0,00	**0,05**	**0,10**	**0,15**	**0,20**	**≥0,25**
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
	Rendah	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,87	0,82	0,77	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,88	0,83	0,78	0,74
Akses terbatas	Tinggi/Sedang/ Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

dengan F_{HS} untuk nilai RKTB sebagai berikut:

$$\mathbf{FHS(R_{KTB}\ sesungguhnya) = FHS\ (R_{KTB} = 0)\ x\ (1 - R_{KTB} x\ EMP_{KTB}}$$

6. Faktor Koreksi Belok Kanan (RBKa)
   Perhitungan koreksi belok kanan menggunakan persamaan berikut:

$$\mathbf{R_{BKa} = \frac{q_{BKa}}{q_{TOT}}}$$

Sumber: PKJI, 2023

Keterangan:
R_{BKA} = Rasio kendaraan belok kanan
q_{BKA} = Jumlah kendaran belok kanan (smp/jam)
q_{TOT} = Jumlah total arus kendaraan pada kaki simpang (smp/jam)
Setelah R_{BKa} diketahui, lalu menghitung F_{BKa} dengan rumus berikut:
Untuk Simpang-4: $F_{BKa} = 1,0$
Untuk Simpang-3: $F_{BKa} = 1,09 – 0,922\ R_{BKa}$

7. Faktor Koreksi Belok Kiri (RBKi)
   Perhitungan koreksi belok kiri menggunakan persamaan berikut:

$$\mathbf{R_{BKi} = \frac{q_{BKi}}{q_{TOT}}}$$

Keterangan:
R_{BKi} = Rasio kendaraan belok kiri
q_{Bka} = Jumlah kendaraan belok kanan (smp/jam)
q_{TOT} = Jumlah total arus kendaraan pada kaki simpang (smp/jam)
Setelah mengetahui hasil R_{BKi} selanjutnya menghitung F_{BKI} dengan rumus berikut:

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

8. Faktor Koreksi Arus Minor (Fmi)
   Perhitungan koreksi arus dari jalan minor dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$\mathbf{R_{mi} = Q_{mi}/Q_{tot}}$$

Keterangan:
Rmi = Rasio kendaraan arus minor
Qmi = Jumlah kendaraan arus minor
Qtot = Jumlah total kendaraan pada kaki simpang (smp/jam)

Setelah mengetahui nilai Rmi, selanjutnya menghitung Fmi dengan persamaan-persamaan

berikut:

Tabel I Persamaan Koreksi Arus Minor

Tipe simpang	F_{mi}	R_{mi}
422	.9 x Rmi² – 1,19 x Rmi + 1,19	-0,9
424 dan 444	,6xRmi⁴–33,3xRmi³+25,3xRmi²–8,6xRmi+1,95	-0,3
	.1xRmi²-1,11xRmi+1,11	-0,9
322	.9 × Rmi² − 1,19 × Rmi + 1,19	-0,5
	,595 × Rmi 2 + 0,595 × Rmi + 0,74	-0,9
324 dan 344	,6×Rmi⁴–33,3×Rmi³+25,3×Rmi²–8,6×Rmi+1,95	-0,3
	.1xRmi²-1,11xRmi+1,11	-0,5
	,555xRmi²+0,555xRmi+0,69	-0,9

9. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio antara arus lalu lintas terhadap kapasitas. Derajat kejenuhan dapat dicari dengan persamaan berikut:

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

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

10. Tundaan

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

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

Dimana:

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

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

11. Peluang Antrian

Batas atas peluang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_A = 47{,}71DJ - 24{,}68DJ^2 + 56{,}47DJ^3 \quad (8)$$

Batas bawah peluang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

$$P_A = 47{,}71DJ - 24{,}68DJ^2 + 56{,}47DJ^3 \quad (9)$$

Dimana:

P_A = panjang antrian

DJ = derajat kejenuhan

HASIL DAN PEMBAHASAN

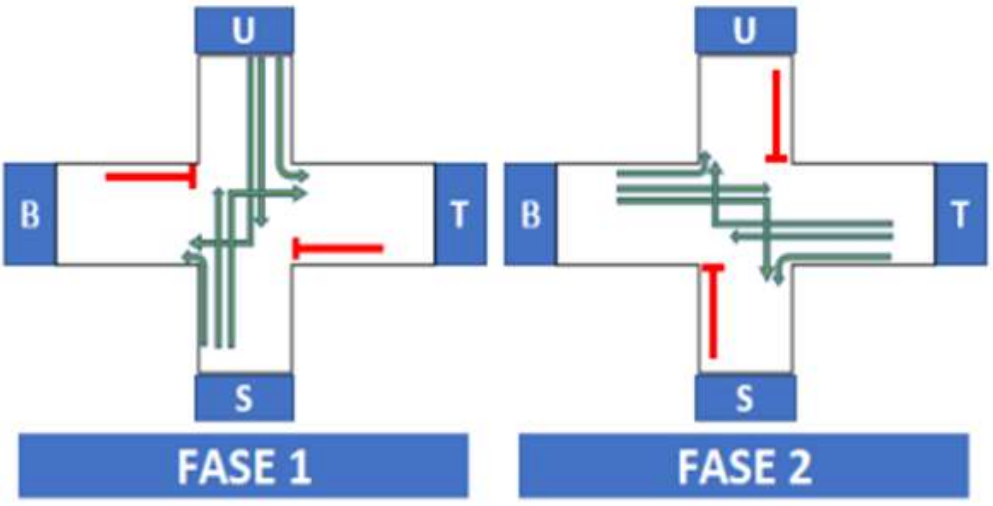
1. Analisis Kondisi Saat ini Simpang Pajaji

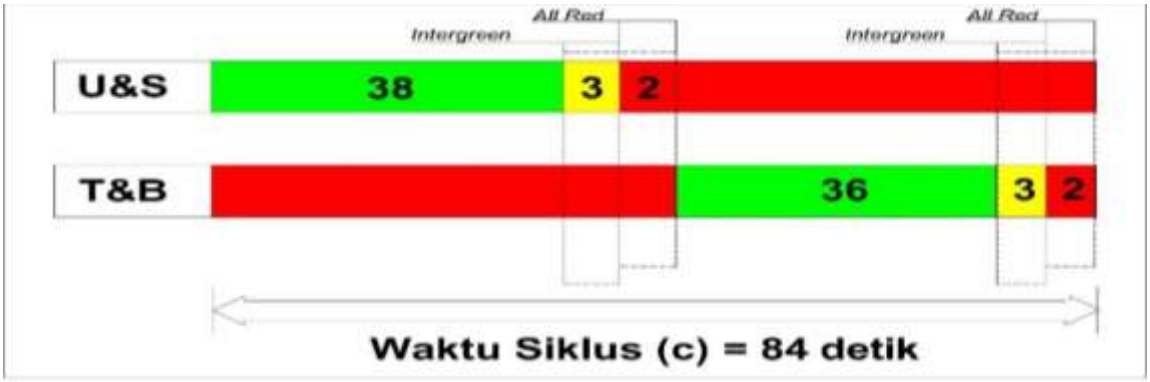
Tabel 1 Hasil Analisis Kondisi Saat ini

No	Tipe Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	DJ	P_A (m)	T_i (det)	Tundaan rata-rata (det/smp)
1	Utara	1.085	0,88	31-61%	45,67	15,13
2	Selatan	1.036			47,25	
3	Timur	633			29,49	
4	Barat	597			79,52	

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 15,13 det/smp.

2. Analisis Peningkatan Kinerja Simpang Pajaji
   a. Usulan I
      Pada usulan I yaitu mengubah tipe pengendali simpang menggunakan APILL dengan 2 fase. Berdasarkan hasil optimalisasi waktu siklus menunjukan bahwa durasi waktu hijau pada pendekat utara dan selatan adalah 38 detik dan waktu hijau pada pendekat barat dan timur adalah 36 detik.





Gambar 1 Diagram Fase Pajaji Usulan 1

Tabel 2 Hasil Analisis Usulan I

No	Tipe Pendekat	Kapasitas (smp/jam)	D_J	P_A (m)	T_i (det)	Tundaan rata-rata (det/smp)
1	Utara	845	0,83	69,80	24,2	26,27
2	Selatan	828	0,87	70,61	25,11	
3	Timur	627	0,84	66,20	26,05	
4	Barat	493	0,87	72,21	27,86	

Gambar 2 *Layou*t Simpang Pajaji Usulan 1

b. Usulan II

Pada usulan II peningkatan kapasitas simpang dapat dilakukan dengan cara menambah lebar geometri simpang agar lebar efektif pada tiap kaki simpang bertambah atau menghilangkan hambatan yang menyebabkan lebar efektif dari tiap kaki simpang berkurang.

Tabel 3 Hasil Analisis Usulan II

No	Kapasitas (smp/jam)	D_J	P_A (m)	T_i (det)	Tundaan rata-rata (det/smp)
1	2,990	0,82	27	9,76	13,77

Gambar 4 *Layou*t Simpang Pajaji Usulan 2

3. Penerapan Simpang Prioritas
   Pada usulan III ini mengubah nilai faktor habatan samping menjadi rendah dengan nilai 0,95 karena menamahkan rambu larangan parkir pada sekitar simpang sehingga hambatan samping menjadi rendah. Selain itu pada usulan III juga menerapkan penambahan lebar efektif tiap kaki pendekat seperti tertera pada usulan II. Berikut ini merupakan perhitungan kapasitas Simpang Pajaji setelah usulan III:

Tabel 4 Hasil Analisis Usulan III

No	Kapasitas (smp/jam)	D_J	P_A (m)	T_i (det)	Tundaan rata-rata (det/smp)
1	3,002	0,81	52	9,6	13,61

Gambar 5 *Layou*t Simpang Pajaji Usulan 3

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diberikan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Didapatkan kinerja lalu lintas Simpang Pajaji saati ini menggunakan metode analisis berdasrakan PKJI 2023 dengan derajat kejenuhan 0,88, peluang antrian 31-61% dan tundaan 15,13 smp/det dengan tingkat pelayanan C.

2. Setelah mengetahui kinerja lalu lintas eksisting Simpang Pajaji dengan tingkat pelayanan C dan konflik yang tinggi pada saat jam sibuk pagi, maka diperlukan pemecahan masalah untuk mengurangi konflik pada Simpang Pajaji dengan beberapa usulan sebagai berikut:
   a. Usulan I
      Penerapan APILL dengan 2 fase, Pada alternatif usulan I rata-rata derajat dejenuhan (DJ) simpang sebesar 0,85, panjang antrian rata-rata sebesar 69,7 meter dan tundaan rata-rata simpang sebesar 26,27 det/ smp dengan tingkat pelayanan D.
   b. Usulan II
      Pelebaran lebar efektif jalan pada tiap kaki simpang, Utara menjadi 5 meter, Selatan menjadi 5 meter, Timur menjadi 4 meter, dan Barat menjadi 3 meter. Sehingga di dapatkan nilai derajat kejenuhan (DJ) simpang sebesar 0,82, peluang antrian sebesar 27-53% dan tundaan simpang sebesar 13,76 det/smp dengan tingkat pelayanan simpang B.
   c. Usulan III
      Pemberian rambu prioritas pada simpang serta pelebaran lebar efektif jalan seperti pada Usulan III menghasilkan nilai derajat kejenuhan (DJ) simpang sebesar 0,81, peluang antrian sebesar 26-52% dan tundaan simpang sebesar 13,61 det/smp dengn tingkat pelayanan simpang .
3. Berdasarkan hasil analisa perhitungan terhadap 3 alternatif usulan yang diberikan, usulan yang paling optimal untuk diterapkan pada Simpang Pajaji saat ini adalah usulan II dan usulan III yaitu penambahan lebar efektif jalan serta pemasangan rambu prioritas pada simpang dengan tingkat pelayanan B.

Sementara penerapan APILL menggunakan 2 fase dengan hasil perhitungan derajat kejenuhan (Dj) sebesar 0,84, panjang antrian rata-rata sebesar 65,6 m dan tundaan rata-rata simpang sebesar 26,89 det/smp dengan tingkat pelayanan simpang D.

SARAN

Setelah dilakukan analisis kondisi lalu lintas simpang eksisting dan kondisi usulan dari Simpang Pajaji, maka terdapat beberapa saran yang akan diberikan.

1. Diperlukan adanya perubahan tipe pengendalian simpang dari simpang tidak bersinyal menjadi simpang bersinyal ataupun menjadi simpang prioritas bertujuan dapat mengurangi konflik lalu lintas dan meningkatkan kinerja simpang.
2. Perlu adanya evaluasi terkait penentuanan lokasi parkir on street yang seharusnya tidak berada di dekat mulut simpang dan harus berjarak minimal 25 meter dari simpang seusai dengan peraturan
3. Perlu adanya evaluasi kinerja simpang untuk melihat kinerja simpang apakah masih baik ataupun perlu perbaikan seiring dengan pertumbuhan penduduk dan transportasi di wilayah Kabupaten Sumedang.
4. Diperlukan peningkatan kinerja simpang agar tingkat pelayanan simpang menjadi baik dengan memperhatikan faktor keselamatan dan juga kelancaran bagi pengguna jalan.

DAFTAR PUSTAKA

_____, 1996, *Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 1996. PEDOMAN TEKNIS PENYELENGGARAAN FASILITAS PARKIR. Jakarta: Direktur Jenderal Perhubungan Darat.*

_____, 2009, *Undang-Undang Nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*

_____, 2013, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2013 tentang jaringan lalu lintas angkutan jalan*

_____, 2014, *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13 tentang Rambu Lalu Lintas*. 2014. *Kementerian Perhubungan*. Indonesia.

_____, 2015, *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 96 Tahun 2015. Jakarta.*

_____, 2023, *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta*

_____, 2001, *American Association Of State Highway and Transporting Official :A Policy on*

Geometric Design of Highways and Street, Washington D
_____, 2024, *Kabupaten Sumedang Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumedang.*
_____, *2024, Laporan Umum Tim Praktek Kerja Lapangan Kabupaten Sumedang Angkatan XLIII. Pola Umum Manajemen Transportasi Jalan. PoliteknikTransportasi Darat Indonesia – STTD. Bekasi*
Morlok. (1991). Pengantaran Teknik Dan Perencanaan Transportasi. Jakarta: Erlangga
Anggraini, Rinka Adela, Yudi Edoardo Sinaga, Fera Lestari, Galuh Pramita, dan Dan Kastamto. 2022. "EVALUASI SIMPANG TAK BERSINYAL DAN PERENCANAAN APILL." *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*. Vol. 03. https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/jice.
Hidayat, Dwi Wahyu, Yogi Oktopianto, dan Aris Budi Sulistyo. 2020. "Peningkatan Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Purin Kendal)." *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)* 7 (2): 118–27. https://doi.org/10.46447/ktj.v7i2.289.
Homepage, Journal, dan Fedrickson Haradongan Puslitbang Transportasi Jalan dan Perkeretaapian Jl Medan Merdeka Timur No. 2019a. "Jurnal Penelitian Transportasi Darat Kajian Manajemen Rekayasa Lalu Lintas di Simpang Perawang-Minas Kabupaten Siak." *Jurnal Penelitian Transportasi Darat* 21 (2): 191–98. https://doi.org/10.25104/jptd.v21i2.962.
———. 2019 "Jurnal Penelitian Transportasi Darat Kajian Manajemen Rekayasa Lalu Lintas di Simpang Perawang-Minas Kabupaten Siak." *Jurnal Penelitian Transportasi Darat* 21 (2): 191–98. https://doi.org/10.25104/jptd.v21i2.962.
Tamin, Ofyar Z. 2000. *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. Penerbit ITB.