

Analisis Kinerja Simpang Jalan Imam Bonjol – Jalan Daya Nasional Kota Pontianak Menggunakan Metode PKJI 2023 Dan *Software* PTV Vissim

Gabriela Cassandra^{1*}, Heri Azwansyah², S.Nurlaily Kadarini³

¹⁻³Universitas Tanjungpura, Indonesia

*Email : gabrielacassandra2@gmail.com

Korespondensi penulis : gabrielacassandra2@gmail.com

Abstract. Increasing traffic activity at unsignalized intersections often results in congestion and delays. The intersection of Jl. Imam Bonjol and Jl. Daya Nasional experiences these conditions, making performance evaluation necessary. This research tends to scrutinize the intersection performance under existing conditions and five-year projected conditions and to identify appropriate improvement measures. The analysis was carried out using the 2023 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI 2023) and PTV VISSIM microsimulation software. Data on intersection geometry, vehicle speed, and traffic volume were collected through CCTV observations on weekdays and weekends. The results show that under existing conditions, the degree of saturation reached 1.170 with an average delay of 33.75 seconds (LOS D). In the five-year projection, the degree of saturation increased to 1.239 with an average delay of 53.69 seconds (LOS E). These findings indicate a decline in intersection performance, highlighting the need for alternative traffic management measures to improve operational performance and service levels.

Keywords: Unsignalized Intersection, PKJI 2023, PTV VISSIM, Intersection Performance, Traffic Delay.

Abstrak. Peningkatan aktivitas lalu lintas pada simpang tak bersinyal sering menyebabkan kemacetan dan tundaan. Simpang Jl. Imam Bonjol serta Jl. Daya Nasional merupakan salah satu lokasi yang mengalami kondisi tersebut sehingga diperlukan evaluasi kinerja simpang. Penelitian ini ditujukan guna melaksanakan analisis terhadap kinerja simpang dalam kondisi eksisting maupun proyeksi 5 tahun yang akan datang serta menentukan alternatif penanganan yang tepat. Analisis dilakukan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2023 (PKJI 2023) serta aplikasi PTV VISSIM. Data geometri simpang, kecepatan kendaraan, serta volume lalu lintas dikumpulkan melalui pengamatan CCTV pada hari kerja maupun akhir pekan. Hasil analisis menunjukkan derajat kejenuhan pada kondisi eksisting sebesar 1,170 dengan tundaan rata-rata 33,75 detik (LOS D). Pada kondisi proyeksi lima tahun, derajat kejenuhan meningkat menjadi 1,239 dengan tundaan rata-rata 53,69 detik (LOS E). Hasil ini menunjukkan penurunan kinerja simpang hingga dibutuhkan penerapan alternatif manajemen lalu lintas guna membuat kinerja operasional maupun tingkat pelayanan meningkat.

Kata Kunci: Simpang Tak Bersinyal, PKJI 2023, PTV VISSIM, Kinerja Simpang, Tundaan

1. LATAR BELAKANG

Ibukota Provinsi Kalimantan Barat, yakni Kota Pontianak menghadapi peningkatan penduduk yang terbilang signifikan setiap tahunnya seiring dengan perannya sebagai pusat pemerintahan, perdagangan, dan pendidikan. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS), total penduduk Kota Pontianak meningkat dari 669.795 jiwa di tahun 2022 ke angka 680.852 jiwa di tahun 2024. Pertumbuhan penduduk ini berdampak pada meningkatnya kebutuhan mobilitas masyarakat dan penggunaan kendaraan bermotor, yang selanjutnya memberikan tekanan pada kinerja jaringan jalan perkotaan.

Peningkatan aktivitas lalu lintas tersebut memicu berbagai permasalahan, salah satunya kemacetan, khususnya di lokasi yang memiliki taraf konflik lalu lintas tinggi seperti persimpangan. Persimpangan ialah elemen penting dalam sistem jaringan jalan karena sangat mempengaruhi kapasitas dan tingkat pelayanan lalu lintas. Kinerja persimpangan yang tidak optimal mampu menimbulkan tundaan serta antrian kendaraan, khususnya pada jam sibuk.

Salah satu simpang yang sering menghadapi permasalahan lalu lintas yakni simpang tiga tak bersinyal di pertemuan Jl. Imam Bonjol dan Jl. Daya Nasional. Simpang ini memiliki fungsi strategis karena menghubungkan kawasan permukiman, perdagangan, dan pendidikan, dengan Jl. Imam Bonjol sebagai jalur utama serta Jl. Daya Nasional sebagai akses pendukung. Dalam keadaan eksisting, tingginya volume lalu lintas dan belum optimalnya pengaturan simpang menyebabkan terjadinya tundaan dan penurunan tingkat pelayanan.

Studi ini bertujuan untuk melakukan analisis kinerja simpang tiga tak bersinyal pada simpang Jl. Imam Bonjol dan Jl. Daya Nasional memakai metode PKJI 2023 serta simulasi PTV VISSIM, serta merumuskan alternatif penanganan yang sesuai guna meningkatkan kinerja operasional dan tingkat pelayanan simpang.

2. KAJIAN TEORITIS

Simpang ialah titik temu antara 2 atau lebih ruas jalan yang memiliki potensi untuk menyebabkan konflik lalu lintas dikarenakan pertemuan berbagai pergerakan kendaraan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Pada simpang tak bersinyal, pengaturan lalu lintas tidak menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas sehingga kelancaran arus kendaraan sangat dipengaruhi oleh volume lalu lintas, keadaan geometrik simpang, sekaligus perilaku pengemudi (Khisty & Lall, 2005).

Analisis kinerja simpang tak bersinyal dalam penelitian ini mengacu kepada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) Tahun 2023, yang menjadi panduan resmi dalam evaluasi kapasitas dan kinerja lalu lintas jalan di Indonesia (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). PKJI 2023 disusun dengan mempertimbangkan karakteristik lalu lintas campuran serta kondisi jalan perkotaan di Indonesia, sehingga hasil analisis yang didapat semakin representatif pada keadaan lapangan.

Kinerja simpang tak bersinyal ditinjau atas dasar sejumlah parameter utama, yaitu derajat kejenuhan, kapasitas simpang, peluang antrian, tingkat pelayanan, serta tundaan (Level of Service/LOS) (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023). Kapasitas simpang menggambarkan kemampuan maksimum simpang dalam melayani arus lalu lintas, sedangkan derajat kejenuhan menunjukkan tingkat pemanfaatan kapasitas tersebut.

Evaluasi kinerja persimpangan tanpa sinyal lalu lintas dilakukan dengan mengacu pada beberapa indikator utama. Indikator tersebut meliputi kapasitas simpang yang menggambarkan kemampuan jalan dalam melayani arus kendaraan pada kondisi tertentu, serta derajat kejenuhan, tundaan, dan potensi terjadinya antrean kendaraan. Penilaian kinerja ini merujuk kepada ketentuan yang terdapat pada PKJI 2023.

1. Kapasitas (C)

Kapasitas simpang tak bersinyal ialah kapabilitas persimpangan untuk melayani arus lalu lintas tanpa pengaturan sinyal. Menurut PKJI 2023, kapasitas simpang (C) ditentukan dari kapasitas dasar (C_0) yang dikoreksi dengan beberapa faktor penyesuaian untuk merepresentasikan kondisi geometrik, lingkungan, dan operasional simpang. Secara matematis, kapasitas simpang dirumuskan seperti berikut:

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

2. Derajat Kejenuhan (D_J)

Derajat kejenuhan (D_J) ialah perbandingan antara volume lalu lintas yang terjadi dengan kapasitas maksimum simpang. Parameter ini dipergunakan dalam menggambarkan tingkat pemanfaatan kapasitas serta kondisi operasional lalu lintas pada simpang. Derajat kejenuhan ditelaah memanfaatkan persamaan berikut:

$$D_J = \frac{q}{C} \dots\dots\dots(2)$$

3. Tundaan (T)

Tundaan (T) pada simpang tak bersinyal menurut PKJI 2023 terdiri atas tundaan lalu lintas (T_{LL}) serta tundaan geometri (T_G). Tundaan lalu lintas terjadi dikarenakan interaksi antar kendaraan pada arus lalu lintas, baik pada seluruh simpang hingga pada jalan mayor dan minor. Tundaan geometri terjadi dikarenakan percepatan serta perlambatan kendaraan akibat manuver belok atau berhenti di area simpang. Tundaan total dihitung dengan persamaan:

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

4. Peluan Antrian (P_a)

Peluang antrian (P_a) menyatakan kemungkinan kendaraan mengalami antrean saat mendekati simpang. Menurut PKJI 2023, nilai peluang antrian ditentukan berdasarkan derajat kejenuhan (D_J) dan dipaparkan melalui bentuk rentang antara batas bawah serta batas atas yang dihitung menggunakan persamaan empiris berbasis (D_J)

Bata atas :

$$P_a = 47,71 D_J - 24,68 D_J^2 + 56,47 D_J^3 \dots\dots\dots(4)$$

Batas bawah :

$$Pa = 9,02 \times DJ + 20,66 DJ^2 + 10,49 DJ^3 \dots \dots \dots (5)$$

Guna menilai tingkat kinerja operasional simpang tak bersinyal, digunakan klasifikasi tingkat pelayanan (*Level of Service/LOS*). Klasifikasi ini menggambarkan taraf kenyamanan serta kelancaran arus lalu lintas berdasarkan nilai tundaan rata-rata kendaraan. Pada penelitian ini, penetapan taraf pelayanan simpang merujuk kepada kriteria yang dipaparkan oleh Tamin (2000), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Pelayanan (LOS) Simpang Berdasarkan Tundaan

Tingkat Pelayanan (LOS)	Tundaan Rata-rata (detik/kendaraan)
A	≤ 5
B	$> 5 - 15$
C	$> 15 - 25$
D	$> 25 - 40$
E	$> 40 - 60$
F	> 60

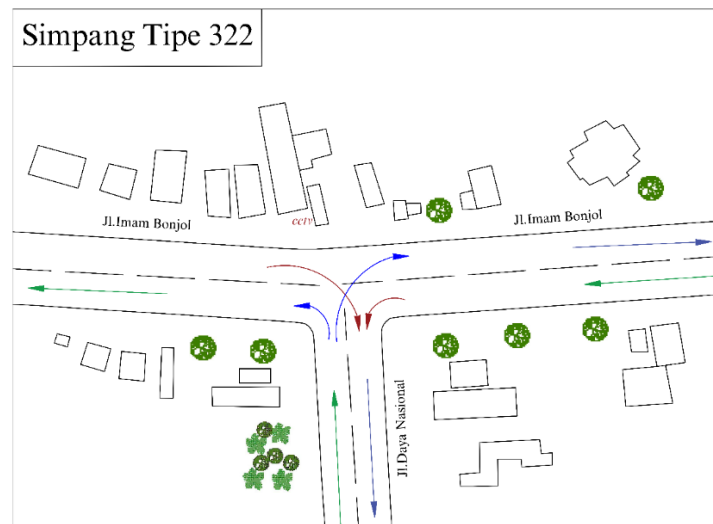
Sumber: Tamin (2000)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada persimpangan Jl. Imam Bonjol – Jl. Daya Nasional, Kecamatan Pontianak Barat, Kota Pontianak. Jl. Imam Bonjol yakni salah satu jalan utama yang menghubungkan beragam Kawasan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

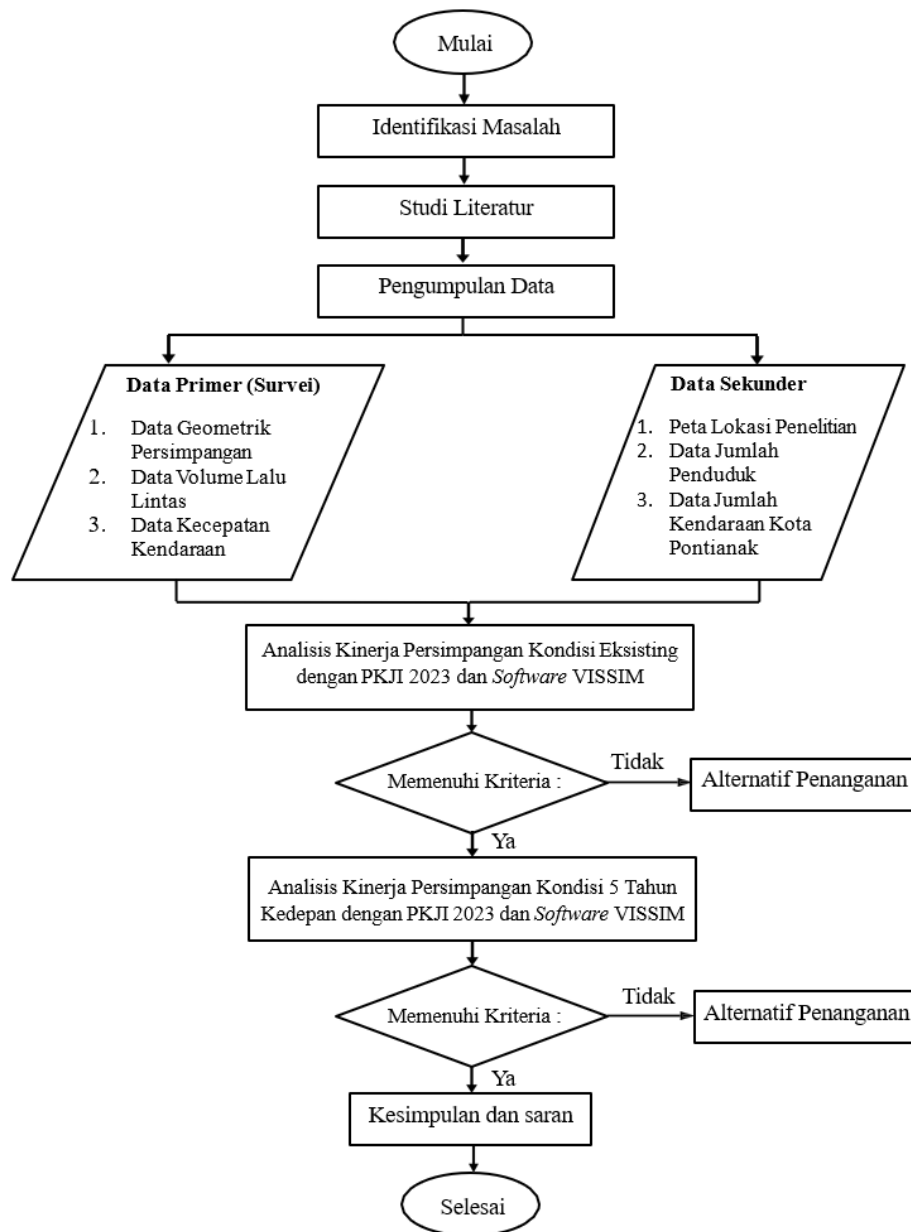


Gambar 2. Layout Lokasi Penelitian

Pengumpulan data mencakup atas data primer serta data sekunder. Data primer diambil melalui survei lalu lintas di lapangan, mencakup kondisi geometrik simpang, volume lalu lintas, serta kecepatan kendaraan. Data sekunder didapat melalui lembaga terkait sekaligus studi literatur, berupa peta lokasi serta data pendukung lainnya.

Survei volume lalu lintas dilaksanakan memakai rekaman *CCTV* yang dipasang di tiap lengan simpang. Pencatatan volume kendaraan dilaksanakan berdasarkan interval waktu satu jam serta diklasifikasikan menurut jenis kendaraan untuk menentukan jam puncak lalu lintas. Survei geometrik dilakukan dengan pengukuran langsung terhadap elemen fisik simpang, seperti jumlah lajur dan lebar lajur. Survei kecepatan kendaraan dilakukan menggunakan *speed gun* pada ruas jalan sebelum kendaraan memasuki area simpang.

Analisis kinerja simpang diselenggarakan memakai PKJI 2023, yang meliputi pengukuran kapasitas simpang, tundaan, derajat kejenuhan, serta tingkat pelayanan. Selain itu, *software PTV VISSIM* dipergunakan dalam menyimulasikan keadaan lalu lintas guna mendukung evaluasi kinerja simpang secara operasional. Tahapan analisis kinerja simpang dalam penelitian ini dibuat dengan sistematis serta dipaparkan melalui bentuk diagram alir penelitian seperti diperlihatkan melalui **Gambar 3**.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memakai 2 metode analisis, yakni perhitungan kinerja simpang berdasarkan PKJI 2023 serta pemodelan lalu lintas memanfaatkan software PTV VISSIM. Data yang dipergunakan ialah data survei yang sudah disajikan sebelumnya. Analisis diselenggarakan pada dua kondisi, yaitu kondisi eksisting tahun 2025 serta keadaan proyeksi tahun 2030. Selanjutnya, hasil dari kedua metode tersebut dibandingkan untuk memberikan gambaran kinerja simpang secara operasional.

Kondisi Eksisting

Volume lalu lintas dalam kondisi eksisting disajikan pada Tabel 2, yang menunjukkan jumlah kendaraan berdasarkan interval waktu pengamatan dan jenis kendaraan. Data ini ditujukan guna mengkaji jam puncak sekaligus sebagai dasar analisis kinerja simpang memakai metode PKJI 2023 serta pemodelan PTV VISSIM.

Jenis Kendaraan		Sepeda Motor (SM)		Mobil Penumpang (MP)		Kendaraan Sedang (KS)		Total	
Faktor SMP		EMP = 0,2		MP, EMP = 1		KS, EMP = 1,8		kend/jam	SMP/jam
Arus lalu lintas		kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam		
Jl. Imam Bonjol (T)	qLRS	1681	336,2	255	255	84	151,2	2020	742,4
	qBK _i	825	165,0	153	153	1	1,8	979	319,8
	qTotal	2506	501,2	408	408	85	153	2999	1062,2
Jl. Imam Bonjol (B)	qBK _a	809	161,8	220	220	5	9	1034	390,8
	qLRS	1627	325,4	488	488	84	151,2	2199	964,6
	qTotal	2436	487,2	708	708	89	160,2	3233	1355,4
Total Jalan Mayor,qma		4942	988,4	1116	1116	174	313,2	6232	2417,6
Jl. Daya Nasional	qBK _i	1568	313,6	130	130	2	3,6	1700	447,2
	qBK _a	944	188,8	38	38	6	10,8	988	237,6
	qTotal	2512	502,4	168	168	8	14,4	2688	684,8
Total Jalan Minor,qmi		2512	502,4	168	168	8	14,4	2688	684,8
Total Jalan Mayor dan Jalan Minor	qBK _i	2377	475,4	350	350	7	12,6	2734	838
	qLRS	3308	661,6	743	743	168	302,4	4219	1707
	qBK _a	1769	353,8	191	191	7	12,6	1967	557,4
qKB = qmi+qma		7454	1490,8	1284	1284	182	327,6	8920	3102,4
Rmi = qmi/qKB						0,221			
RBK _i = qT.BK _i /qKB						0,270			
RBK _a = qT.BK _a /qKB						0,180			

Kondisi 5 Tahun Mendatang

Volume lalu lintas dalam kondisi proyeksi 5 tahun yang akan datang ditampilkan pada Tabel 3 dan digunakan sebagai dasar analisis kinerja simpang pada kondisi proyeksi serta evaluasi kebutuhan penanganan lalu lintas.

Jenis Kendaraan		Sepeda Motor (SM)		Mobil Penumpang (MP)		Kendaraan Sedang (KS)		Total	
Faktor SMP		EMP = 0,2		MP, EMP = 1		KS, EMP = 1,8		kend/jam	SMP/jam
Arus lalu lintas		kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam		
Jl. Imam Bonjol (T)	qLRS	1781	356,1	270	270	89	160,2	2140	786,4
	qBK _i	874	174,8	162	162	1	1,9	1037	338,7
	qTotal	2654	530,9	432	432	90	162,1	3177	1125,1
Jl. Imam Bonjol (B)	qBK _a	857	171,4	233	233	5	9,5	1095	413,9
	qLRS	1723	344,7	517	517	89	160,2	2329	1021,7
	qTotal	2580	516,1	750	750	94	169,7	3424	1435,7
Total Jalan Mayor,qma		5235	1046,9	1182	1182	184	331,8	6601	2560,8
Jl. Daya Nasional	qBK _i	1661	332,2	138	138	2	3,8	1801	473,7
	qBK _a	1000	200,0	40	40	6	11,4	1047	251,7
	qTotal	2661	532,2	178	178	8	15,3	2847	725,4
Total Jalan Minor,qmi		2661	532,2	178	178	8	15,3	2847	725,4
Total Jalan Mayor dan Jalan Minor	qBK _i	2518	503,6	371	371	7	13,3	2896	887,6
	qLRS	3504	700,8	787	787	178	320,3	4469	1808,1
	qBK _a	1874	374,8	202	202	7	13,3	2084	590,4
qKB = qmi+qma		7896	1579,1	1360	1360	193	347,0	9448	3286,2
Rmi = qmi/qKB						0,221			
RBK _i = qT.BK _i /qKB						0,270			
RBK _a = qT.BK _a /qKB						0,180			

Berikut disajikan hasil analisis kinerja simpang mengikuti PKJI 2023, yang meliputi parameter kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan, tingkat pelayanan, serta peluang antrian.

1. Lebar pendekat & Tipe simpang

Tahun	Jumlah Lengan Simpang	Lebar Pendekat			LRP	Jumlah Lajur		Tipe Simpang
		B	T	S		Jl. Mayor	Jl. Minor	
2025	3	4	4	3	3,67	2	2	322
2030	3	4	4	3	3,67	2	2	322

2. Menghitung Kapasitas C

Tahun	Kapasitas Dasar smp/jam	Lebar Pendekat rata - rata	Median jalan mayor	Ukuran kota	Hambatan Samping	Belok kiri	Belok kanan	Rasio minor total	Kapasitas smp/jam
	Co	FLP	FM	FUK	FHS	FBKi	FBKa	F _{RMI}	C
2025	2700	1,009	1	0,94	0,94	1,238	0,903	0,985	2651,424
2030	2700	1,009	1	0,94	0,94	1,238	0,903	0,985	2651,424

3. Menghitung DJ, T, Pa

Tahun	Arus lalu lintas total smp/jam	Derajat Kejenuhan	Tundaan lalu lintas simpang	Tundaan lalu lintas Jl. mayor	Tundaan lalu lintas Jl. minor	Tundaan geometri simpang	Tundaan simpang	Peluang antrian %	LOS
	qTOT	DJ	TLL	TLLma	TLLmi	TG	T	Pa	
2025	3102,4	1,17	29,754	18	71,188	4	33,754	112% - 55%	D
2030	3286,16	1,239	49,69	25,49	135	4	53,688	128% - 62%	E

Dari hasil evaluasi kinerja simpang dalam kondisi eksisting maupun proyeksi, dilakukan pengujian alternatif penanganan menggunakan simulasi VISSIM. Alternatif terbaik berupa pelebaran jalan mayor dan minor disertai penambahan lajur dan median mampu menurunkan tundaan menjadi 15,27 detik dengan LOS C pada kondisi eksisting. Pada kondisi proyeksi tahun 2030, alternatif pelebaran jalan dan penambahan median menghasilkan tundaan rata-rata 17,89 detik dengan LOS C, yang menunjukkan peningkatan kinerja simpang secara signifikan dan memenuhi kriteria pelayanan yang menjadi syarat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis kinerja simpang tak bersinyal Jl. Imam Bonjol – Jl. Daya Nasional, bisa disimpulkan bahwa pada kondisi eksisting simpang telah mengalami kejenuhan lalu lintas. Hal tersebut diperlihatkan melalui nilai derajat kejenuhan yang melebihi batas ideal serta tundaan rata-rata yang cukup tinggi berdasarkan perhitungan PKJI 2023. Hasil tersebut sejalan dengan simulasi menggunakan software PTV VISSIM yang menunjukkan tingkat pelayanan simpang berada pada kategori menengah hingga rendah, sehingga kondisi operasional simpang belum bisa melayani arus lalu lintas dengan optimal.

Pada kondisi proyeksi 5 tahun yang akandatang, kenaikan volume lalu lintas menimbulkan menurunnya kinerja simpang yang semakin signifikan. Nilai tundaan meningkat dan tingkat pelayanan menurun, yang mengindikasikan bahwa tanpa adanya penanganan, kinerja simpang berpotensi semakin memburuk. Dengan begitu, diperlukan strategi penanganan dalam mengupayakan peningkatan kapasitas dan efisiensi operasional simpang.

Evaluasi terhadap beberapa alternatif penanganan menunjukkan bahwa pengendalian lalu lintas dengan penambahan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) tanpa disertai peningkatan kapasitas geometrik belum mampu memberikan perbaikan kinerja yang optimal. Sebaliknya, alternatif berupa pelebaran jalan, penambahan lajur, dan median terbukti lebih efektif dalam menurunkan tundaan dan meningkatkan tingkat pelayanan simpang. Dengan demikian, peningkatan kapasitas geometrik merupakan solusi yang paling direkomendasikan untuk mengupayakan peningkatan kinerja simpang, baik dalam kondisi eksisting hingga dalam kondisi proyeksi di masa mendatang.

Untuk meningkatkan kualitas analisis, pelaksanaan survei volume lalu lintas sebaiknya dilaksanakan dalam kondisi cuaca normal supaya data yang diperoleh lebih merepresentasikan kondisi sebenarnya. Penggunaan perangkat bantu seperti CCTV juga disarankan untuk meningkatkan keakuratan dan efisiensi pengambilan data. Selain itu, pemanfaatan software simulasi lalu lintas dengan lisensi resmi direkomendasikan agar seluruh fitur analisis dapat digunakan secara optimal. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengevaluasi alternatif penanganan lain yang lebih inovatif dan sesuai dengan karakteristik lokasi guna memperoleh kinerja simpang yang lebih baik.

DAFTAR REFERENSI

- Alamsyah. (2005). *Dasar-dasar teknik lalu lintas dan transportasi*. Penerbit ITB.
- Ali, M. M., Hariyati, T., Pratiwi, M. Y., & Afifah, S. (2022). Metodologi penelitian kuantitatif dan penerapannya dalam penelitian. *Jurnal Penelitian*, 2(2).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Jotin Khisty, C., & Lall, B. K. (2015). *Transportation engineering: An introduction* (3rd ed.). Pearson Education.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 05/PRT/M/2018 tentang Penetapan Kelas Jalan Berdasarkan Fungsi dan Intensitas Lalu Lintas serta Daya Dukung Menerima Muatan Sumbu Terberat dan Dimensi Kendaraan Bermotor*. Kementerian PUPR.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Kementerian Perhubungan RI.

- Kurniawan, A., & Saputro, H. (2024). Analisis perbandingan kinerja simpang bersinyal menggunakan metode PKJI 2023 dan simulasi PTV Vissim. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, 12(1), 45–58.
- Marlok. (1987). *Perencanaan dan pengoperasian lalu lintas jalan*. Gadjah Mada University Press.
- PTV Group. (2022). *PTV Vissim 2022 user manual*. PTV Planung Transport Verkehr GmbH.
- PTV Group. (2023). *PTV Vissim 2023 user manual: Microscopic traffic simulation*. PTV Planung Transport Verkehr AG.
- Putri, R. S., & Wijaya, K. (2024). Optimasi waktu siklus lampu lalu lintas pada simpang kritis di Kota Pontianak menggunakan PTV Vissim. *Jurnal Transportasi Wilayah*, 8(2), 112–126.
- Risdiyanto, R. (2014). *Rekayasa & manajemen lalu lintas*. Pengantar Teknik Sipil.
- Tamin, O. Z. (2000). *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. Penerbit ITB.
- Tamin, O. Z. (2020). *Perencanaan dan pemodelan transportasi*. ITB Press.
- Wahyuni, S., dkk. (2024). Kalibrasi dan validasi model mikrosimulasi Vissim pada simpang tak bersinyal di kawasan perkotaan. *Jurnal Rekayasa Sipil Indonesia*, 10(1), 22–35.