

Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal dan Solusi Alternatif Menggunakan Vissim pada Simpang Tiga Pakem, Kabupaten Jember

Performance Evaluation of Signalized Intersections and Alternative Solutions Using Vissim at the Pakem's Three Way Junctions, Jember Regency

Ferina Andryani¹, Rofi Budi Hamduwibawa^{2*}, Amri Gunasti³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : andryaniferina@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember* Koresponden Author
Email : rofi.hamduwibawa@unmuhjember.ac.id

³Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : amrigunasti@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Kabupaten Jember merupakan salah satu wilayah di Jawa Timur yang memiliki jumlah penduduk yang besar. Lingkungan Sumberpakem yang berada pada Kecamatan Kebonsari merupakan daerah yang padat penduduk. Pada lingkungan tersebut terdapat simpang tiga bersinyal yang menghubungkan Kabupaten Jember dan Kabupaten Banyuwangi. Kendaraan bermotor yang lalu lalang melewati persimpangan tersebut sangat padat, sehingga menyebabkan kemacetan yang sangat panjang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya pengaruh dari volume kendaraan terhadap kapasitas simpang. Metode penelitian dengan melakukan survey volume lalu lintas dan mengacu pada Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 dan kemudian akan disimulasikan pada Vissim. Diperoleh hasil perhitungan kapasitas simpang bersinyal pada Jl. Basuki Rahmat (utara) 641 skr /jam, Jl. Wolter Monginsidi 970 skr/jam, Jl. Basuki Rahmat (selatan) 946 skr/jam. Derajat kejenuhan simpang bersinyal sebesar 0,8830 dan tundaan rata-rata simpang bersinyal sebesar 62 pada Jl. Basuki Rahmat (utara), 51 pada Jl. Wolter Monginsidi, 50 pada Jl. Basuki Rahmat (selatan). Panjang antrian pada Jl. Basuki Rahmat (utara) 56 m, Jl. Wolter Monginsidi 80 m dan Jl. Basuki Rahmat (selatan) 78 m. Hasil simulasi pada Vissim didapatkan nilai tundaan sebesar 136 det/skr pada Jalan Basuki Rahmat, 103 det/skr pada Jalan Mr. Wahid, 147 det/skr pada Jalan M.H. Thamrin dan 156 det/skr pada Jalan Wolter Monginsidi.

Kata Kunci : Simpang Bersinyal, Tundaan, Vissim.

Abstract

Jember Regency is one of the areas in East Java which has a large population. The Sumberpakem environment in Kebonsari District is a densely populated area. In this environment there is a signalized intersection that connects Jember Regency and Banyuwangi Regency. Motor vehicles passing through the intersection are very congested, causing a very long traffic jam. The purpose of this study was to determine the effect of vehicle volume on the capacity of the intersection. The research method is by conducting a traffic volume survey and referring to the 2014 Indonesian Road Capacity Guidelines (PKJI) and then simulating it on Vissim. The results of the calculation of the capacity of the signalized intersection on Jl. Basuki Rahmat (north) 641 cur/hour, Jl. Wolter Monginsidi 970 cur/hour, Jl. Basuki Rahmat (south) 946 cur/hour. The degree of saturation of the signalized intersection is 0.8830 and the average delay of the signalized intersection is 62 on Jl. Basuki Rahmat (north), 51 on Jl. Wolter Monginsidi, 50 on Jl. Basuki Rahmat (south). Queue length on Jl. Basuki Rahmat (north) 56 m, Jl. Wolter Monginsidi 80 m and Jl. Basuki Rahmat (south) 78 m. Simulation results on Vissim obtained a delay value of 136 sec/skr on Jalan Basuki Rahmat, 103 sec/skr on Jalan Mr. Wahid, 147 sec/cur on Jalan M.H. Thamrin and 156 sec/current on Wolter Monginsidi Street.

Keywords : *Delay, Signalized Intersections, Vissim.*

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Sebagian konflik transportasi di beberapa kota besar berada di kondisi yang mengkhawatirkan, diantaranya adalah kemacetan, tundaan dan polusi udara. Kota besar tersebut adalah Kota Jember. Dilihat dari kasus ini, lalu lintas yang terlalu padat sudah menjadi masalah sehari-hari di kota Jember.

Daerah simpang tiga APILL di Pakem, Jember merupakan lokasi simpang yang dianalisa pada penelitian ini yaitu simpang bersinyal yang memiliki tiga lengan, Jalan Wolter Monginsidi – Jalan Basuki Rahmat (utara) – Jalan Basuki Rahmat (selatan). Lokasi penelitian ini merupakan jalan menuju pasar, pusat kota, pusat perbelanjaan, sekolah, gudang, pabrik dan pemukiman penduduk yang sangat padat sehingga sering terjadi lalu lintas yang kompleks dengan disertai pertumbuhan lalu lintas yang cepat.

Pada simpang APILL tersebut juga terdapat simpang tiga tak bersinyal yang juga terletak di Pakem dan hanya berjarak ± 500 m² dari simpang APILL. Simpang Pakem tersebut memiliki tiga lengan, yaitu Jalan Basuki Rahmat – Jalan M.H. Thamrin – Jalan Mr. Wahid. Lokasi simpang Pakem tersebut merupakan jalan menuju daerah padat penduduk, kawasan pergudangan dan juga di salah satu lengan jalan menuju ke Stadion Jember Sport Garden. Daerah simpang tersebut juga menjadi obyek penelitian untuk mengevaluasi ada atau tidaknya pengaruh terhadap simpang APILL.

Kemacetan pada simpang disebabkan oleh bertambahnya jumlah kendaraan dan tidak disertai dengan bertambahnya kapasitas jalan, maka manajemen lalu lintas perlu digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satunya menggunakan program Vissim, yaitu paket perangkat lunak simulasi aliran lalu lintas mikroskopis.

b. Pokok Permasalahan

1. Bagaimana kinerja kapasitas simpang, derajat kejenuhan, nilai antrian dan tundaan di simpang bersinyal dengan

- adanya variasi jumlah kendaraan yang melewati persimpangan Pakem – Jember.
2. Bagaimana kinerja kapasitas simpang, derajat kejenuhan, nilai antrian dan tundaan di simpang bersinyal dengan adanya variasi jumlah kendaraan yang melewati persimpangan Pakem – Jember untuk 5 tahun kedepan (2026).
3. Mengevaluasi kinerja simpang bersinyal pada simpang tiga Pakem – Jember untuk 5 tahun kedepan menggunakan Vissim.
4. Mengetahui solusi alternatif yang disarankan pada simpang tiga bersinyal Pakem – Jember untuk 5 tahun kedepan.

c. Pembatasan Permasalahan

1. Simulasi lalu lintas menggunakan Vissim.
2. Data yang digunakan adalah data volume kendaraan dan geometrik pada Jalan Wolter Monginsidi – Jalan Basuki Rahmat (utara) – Jalan Basuki Rahmat (selatan) dan Jalan Basuki Rahmat – Jalan M.H. Thamrin – Jalan M.R. Wahid.
3. Tidak menganalisa kelandaian pada simpang, jarak pandang, dan kecepatan kendaraan pada saat memasuki simpang.
4. Data akan diperoleh langsung dengan survey yang dilakukan selama satu hari pada jam-jam sibuk.
5. Data yang dikumpulkan berupa kondisi jalan, lalu lintas harian, tata guna lahan dan pertumbuhan penduduk
6. Memproyeksikan 5 tahun yang akan datang di tahun 2026.
7. Tidak menghitung struktur dan biaya.
8. Tidak memperhatikan atau memperhitungkan pembebasan lahan

d. Maksud dan Tujuan

1. Mengetahui kinerja kapasitas simpang, derajat kejenuhan, nilai antrian dan tundaan di simpang bersinyal dengan adanya variasi jumlah kendaraan yang melewati persimpangan Pakem – Jember untuk 5 tahun kedepan (2026).
2. Mengetahui kinerja simpang bersinyal pada simpang tiga Pakem – Jember untuk 5 tahun kedepan menggunakan Vissim.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, simpang adalah dua buah ruas jalan atau lebih yang saling bertemu, saling berpotongan atau bersilangan disebut dengan persimpangan (*intersection*)

1. Analisis Simping Bersinyal

a. Analisis Kinerja Simping Bersinyal

1.) Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar (S_0) yaitu besarnya keberangkatan antrian dalam pendekat selama kondisi ideal (skr/jam)

1. Arus Jenuh

Arus jenuh (S , skr/jam) adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor-faktor penyesuaian untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal

2. Rasio Arus

Rasio arus adalah hasil dari pembagian antara rasio arus lalu lintas (Q , skr/jam) dan arus jenuh (S , skr/jam)

3. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat. Waktu siklus yang disesuaikan (c), dihitung berdasarkan pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang.

2.) Penetapan Kinerja Simping Bersinyal

1. Kapasitas

Kapasitas (C) adalah kemampuan simping untuk menampung arus lalu lintas maksimum per satuan waktu dan dinyatakan dalam skr/jam. Kapasitas pada simping dihitung pada setiap pendekat ataupun kelompok lajur didalam suatu pendekat.

2. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_j) didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas (Q) terhadap kapasitas (C), yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja dan segmen jalan apakah mempunyai masalah kapasitas atau tidak

3.) Kinerja Simping Bersinyal

1. Panjang Antrian

Panjang antrian adalah banyaknya kendaraan yang berada pada simping tiap jalur saat nyala lampu merah (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

2. Kendaraan Terhenti

Angka henti kendaraan masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata kendaraan berhenti per skr, ini termasuk henti berulang sebelum melewati garis stop simping.

3. Tundaan

Tundaan adalah rata-rata waktu tunggu tiap kendaraan yang masuk dalam pendekat. Tundaan pada simping terdiri dari 2 (dua) komponen, yaitu tundaan lalu lintas dan tundaan geometrik.

b. Analisis Kinerja 5 Tahun Mendatang

Analisis kinerja ruas 5 tahun mendatang dilakukan untuk dapat memprediksikan kondisi kelayakan ruas jalan pada 5 tahun mendatang berdasarkan nilai derajat kejenuhan sesuai dengan standar Perencanaan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014.

2. Analisis Simping Tak Bersinyal

a. Menetapkan Kapasitas Simping

Kapasitas simping (C) ditetapkan dari jumlah arus lalu lintas yang memasuki simping dari semua lengannya per satuan waktu, ditetapkan oleh perkalian antara kapasitas dasar (C_0) yaitu kapasitas dari suatu simping yang baku, yang dikoreksi oleh faktor-faktor yang merepresentasikan perbedaan geometrik, lingkungan dan arus lalu lintas eksisting terhadap kondisi simping yang baku.

b. Kinerja Lalu Lintas Simping

1. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_j) merupakan rasio arus lalu lintas (skr/jam) terhadap kapasitas (skr/jam).

2. Tundaan

Tundaan di persimpangan adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati suatu simping (Tamin. O.Z, (2000).

- 1) Tundaan Lalu Lintas Rata-Rata Untuk Seluruh Simpang (T_{LL})
Tundaan lalu lintas rata-rata T_{LL} adalah tundaan rata-rata untuk seluruh kendaraan yang masuk simpang. Tundaan T_{LL} ditentukan dari hubungan empiris antara tundaan T_{LL} dan derajat kejenuhan D_J .
- 2) Tundaan Lalu Lintas Rata-Rata Untuk Jalan Mayor (T_{LLma})
Tundaan lalu lintas rata-rata untuk jalan mayor merupakan tundaan lalu lintas rata-rata untuk seluruh kendaraan yang masuk di simpang melalui jalan mayor.
- 3) Tundaan Lalu Lintas Rata-Rata Jalan Minor (T_{LLmi})
Tundaan lalu lintas rata-rata jalan minor ditentukan berdasarkan tundaan lalu lintas rata-rata (T_{LL}) dan tundaan lalu lintas rata-rata jalan mayor (T_{LLma}).
- 4) Tundaan Geometrik Simpang (T_G)
Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk di simpang.

3. Peluang Antrian

Peluang antrian (P_A) dinyatakan dalam rentang kemungkinan persen (%). Batas nilai peluang antrian (P_A) ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian (P_A) dan derajat kejenuhan (D_J).

c. Kecepatan Arus Bebas

Nilai kecepatan arus bebas (V_B) jenis KR ditetapkan sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan, nilai V_B untuk KB dan SM hanya sebagai referensi. V_B untuk KR biasanya 10-15% lebih tinggi dari tipe kendaraan lainnya.

d. Analisis Kinerja 5 Tahun Mendatang

Analisis kinerja ruas 5 tahun mendatang dilakukan untuk dapat memprediksikan kondisi kelayakan ruas jalan pada 5 tahun mendatang berdasarkan nilai derajat kejenuhan sesuai dengan standar Perencanaan Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014.

e. Vissim

Vissim merupakan simulasi mikroskopis, berdasarkan waktu dan perilaku yang dikembangkan untuk model lalu lintas perkotaan. Sehingga membuat *software* ini menjadi *software* yang berguna untuk mengevaluasi berbagai macam alternatif rekayasa transportasi dan tingkat perencanaan yang paling efektif.

3. METODOLOGI

a. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di simpang tiga Pakem, Jember. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja simpang bersinyal tersebut dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 sebagai acuan. Persimpangan ini memiliki tiga lengan, yaitu Jalan Basuki Rahmat (Utara) – Jalan Wolter Monginsidi (Timur) – Jalan Basuki Rahmat (Selatan). Simpang tersebut merupakan jalan menuju kota, sekolah, pusat perbelanjaan dan pusat industri.

Simpang tiga ini apabila ditarik garis sepanjang 500m² di masing-masing lengannya, maka akan ditemui simpang tiga tak bersinyal. Simpang tersebut memiliki tiga lengan, yaitu Jalan M.H. Thamrin – Jalan Basuki Rahmat – Jalan Mr. Wahid. Simpang tersebut merupakan jalan menuju kawasan pemukiman padat penduduk, pusat pergudangan dan Stadion Jember Sport Garden.

b. Jenis dan Sumber Data

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapat dari hasil penelitian dan survey di lapangan. Pada penulisan tugas akhir ini yang merupakan data primer adalah data volume lalu lintas harian rata – rata (LHR), dimensi jalan, lebar bahu jalan.

Penelitian pada simpang APILL dilaksanakan selama 24 jam, dimulai pada Hari Rabu 13 Oktober 2021 dan dimulai pukul 06.00 WIB dan selesai pada Hari Kamis 14 Oktober 2021 pukul 06.00 WIB. Peralatan yang digunakan adalah *counter*, meteran, form survey dan alat tulis.

Penelitian pada simpang Pakem dilaksanakan pada jam 06.00 – 08.00 WIB pada hari Rabu 3 November 2021. Survey dilakukan pada jam puncak (*peak hour*) dengan menggunakan peralatan *counter*, meteran, form survey dan alat tulis.

2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang di dapat instansi – instansi terkait dari jalan yang ditinjau, adapun data sekunder disini yaitu pertumbuhan lalu lintas, tata guna lahan dan pertumbuhan penduduk kota Jember.

c. Definisi Variabel Operasional

1. Volume Lalu Lintas

Volume jam puncak merupakan banyaknya kendaraan yang melewati satu titik tertentu dari ruas jalan selama 1 jam pada saat terjadi lalu lintas yang terbesar dalam satu hari. Menurut PKJI (Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia) (2014) semua nilai arus lalu lintas diubah menjadi satuan kendaraan ringan (skr) dengan menggunakan ekuivalen kendaraan ringan (ekr).

$$V = Q_{kend} \times ekr \\ = Q_{skr}$$

2. Arus Jenuh Simpang Bersinyal

Arus jenuh (S , skr/jam) adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) dengan faktor-faktor penyesuaian untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal, S_0 adalah S pada keadaan lalu lintas dan geometrik yang ideal, sehingga faktor-faktor penyesuaian untuk S_0 adalah satu (1). S dirumuskan oleh persamaan.

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BKi} \times F_{BKa}$$

3. Kapasitas Simpang Bersinyal

Kapasitas simpang APILL (C) dihitung menggunakan persamaan :

$$C = S \times \frac{H}{c}$$

4. Derajat Kejenuhan Simpang Bersinyal

Derajat Kejenuhan (D_j) merupakan rasio arus lalu lintas (skr/jam) terhadap kapasitas (skr/jam), dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut :

$$D_j = Q/c$$

5. Panjang Antrian Simpang Bersinyal

Jumlah rata-rata antrian kendaraan (skr) pada awal isyarat lampu hijau (N_Q) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti (skr) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{Q1}) ditambah

jumlah kendaraan (skr) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah (N_{Q2}), dihitung menggunakan persamaan :

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2}$$

6. Tundaan Simpang Bersinyal

Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu 1) tundaan lalu lintas (T_L) dan 2) tundaan geometrik (T_G). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i dihitung menggunakan persamaan :

$$T_i = T_L + T_{Gi}$$

7. Kinerja Ruas Jalan Simpang Tak Bersinyal

Menurut PKJI tahun 2014, kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum dalam satuan ekr/jam yang dapat dipertahankan sepanjang segmen jalan tertentu dalam kondisi tertentu. Kapasitas segmen dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

8. Derajat Kejenuhan Simpang Tak Bersinyal

Nilai derajat kejenuhan menunjukkan ada tidaknya permasalahan pada segmen jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam. Dalam PKJI tahun 2014, persamaan yang digunakan untuk mengetahui derajat adalah sebagai berikut.

$$D_j = Q/C$$

9. Kecepatan Arus Bebas Simpang Tak Bersinyal

Nilai kecepatan arus bebas jenis kendaraan ringan ditetapkan sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan, nilai kecepatan arus bebas untuk kendaraan berat dan sepeda motor ditetapkan hanya sebagai referensi. Kecepatan arus bebas untuk kendaraan ringan biasanya 10-15% lebih tinggi dari tipe kendaraan lainnya (PKJI 2014). Kecepatan arus bebas dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$V_B = (V_{BD} + V_{BL}) \times FV_{BHS} \times FV_{BUK}$$

10. Tundaan Simpang Tak Bersinyal

Tundaan terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometrik (T_G).

$$T = T_{LL} + T_G$$

11. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan jalan menurut Hendaro (2001) adalah suatu ukuran kualitas perjalanan dalam arti luas menggambarkan kondisi lalu

lintas yang mungkin timbul pada suatu jalan akibat dari volume lalu lintas.

1. Tingkat pelayanan (simpang bersinyal), hasil tundaan rata-rata yang dikategorikan dalam kriteria tingkat pelayanan
2. Tingkat pelayanan (simpang tak bersinyal), hasil derajat kejenuhan dikategorikan dalam kriteria tingkat pelayanan

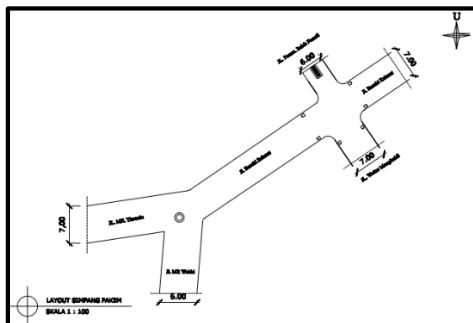
d. Variabel Penelitian

Adapun yang terjadi obyek dari penelitian ini adalah :

1. Kondisi Arus Lalu Lintas
 Data lalu lintas yang dibagi dalam tipe kendaraan, yaitu :
 - a. Kendaraan ringan atau *Light Vehicle* (LV), meliputi angkutan kota, mobil pribadi, oplet, taksi dan pick up.
 - b. Kendaraan berat atau *Heavy Vehicle* (HV), meliputi truk roda 4, truk roda 6, bus standard dan bus Damri.
 - c. Sepeda motor atau *Motorcycle* (MC), meliputi sepeda motor.
2. Kapasitas Jalan
3. Kondisi Geometrik Jalan
4. Kinerja Simpang

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Simpang Bersinyal
 - a. Layout Lokasi Penelitian



Gambar 1. Layout Lokasi Pengamatan
 Sumber : Pengamatan Langsung, 2021

Berdasarkan dari Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa lokasi simpang APILL berjarak ±500 m² dari simpang Pakem. Pada simpang APILL masing-masing lengannya memiliki lebar jalur 7,00 m dengan lebar per lajur 3,50 m.

b. Data Volume Lalu Lintas

Tabel 1. Volume Lalu Lintas dari Utara (Jl. Basuki Rahmat)

Waktu	Volume Kendaraan				Total Kendaraan
	MC Kend/jam	LV Kend/jam	HV Kend/jam	UM Kend/jam	
06.00–06.15	718	135	27	60	940
06.15–06.30	740	154	23	66	983
06.30–06.45	785	170	33	74	1062
06.45–07.00	827	199	36	79	1141
Total	3070	658	119	279	4126

Sumber : Pengamatan Langsung, 2021

Tabel 2. Volume Lalu Lintas dari Timur (Jl. Wolter Monginsidi)

Waktu	Volume Kendaraan				Total Kendaraan
	MC Kend/jam	LV Kend/jam	HV Kend/jam	UM Kend/jam	
06.00–06.15	821	132	100	61	1114
06.15–06.30	846	157	109	67	1179
06.30–06.45	866	166	116	73	1221
06.45–07.00	912	174	124	85	1295
Total	3445	629	449	286	4809

Sumber : Pengamatan Langsung, 2021

Tabel 3. Volume Lalu Lintas dari Selatan (Jl. Basuki Rahmat)

Waktu	Volume Kendaraan				Total Kendaraan
	MC Kend/jam	LV Kend/jam	HV Kend/jam	UM Kend/jam	
06.00–06.15	893	128	85	62	1168
06.15–06.30	913	138	92	69	1212
06.30–06.45	955	148	105	76	1284
06.45–07.00	991	157	109	95	1352
Total	3752	571	391	302	5016

Sumber : Pengamatan Langsung, 2021

c. Penggunaan Isyarat

$$M_{semua} = \left\{ \frac{LKB+IKB}{V_{KB}} - \frac{LKD}{VKD} \right\}_{\max}$$

Nilai M_{semua} untuk pendekat Utara (Jl. Basuki Rahmat) adalah :

$$M_{semua} = \left\{ \frac{22,0}{10} - \frac{12,5}{10} \right\}_{\max}$$

$$M_{semua} = 1,0 \text{ det}$$

$$H_H = \sum_i (M_{semua} + K)_i$$

Panjang waktu kuning APILL perkotaan di Indonesia biasanya ditetapkan 3,0 detik

$$H_H = (3,9 + 9) = 12,9 \text{ detik}$$

Tabel 4. Perhitungan M_{semua}

Lalu Lintas Berangkat	Lalu Lintas Datang					Msemua
	Kode Pendekat	Kecepatan Berangkat, VKB, m/det	Kode Pendekat			
U			T	S	U	T
U	10	Kecepatan datang, VKD, m/det	10	10	10	0,95
T	10	Jarak berangkat, LKB+IKB, m	23	22,0	25,3	1,9
S	10	Jarak datang, LKD m	13,5	12,5	15,5	1,0
		Jarak berangkat, LKB+IKB, m		25,4		
		Jarak datang, LKD m		15,8		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 5. Perhitungan H_H

Penentuan waktu merah semua	
Fase 1 → Fase 2	1,0
Fase 2 → Fase 3	1,0
K total (3 det/fase)	9,0
$HH = \sum(M_{\text{semua}} + k_{\text{uning}})$: (det per siklus)	12,8

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

d. Menentukan Waktu Isyarat

1. Kondisi Sinyal (Fase)

Kondisi lalu lintas pada simpang bersinyal antara lain : jumlah fase, waktu masing-masing fase dan gerakan sinyal. Gerakan sinyal meliputi : waktu hijau, waktu kuning dan waktu merah.

Tabel 6. Kondisi Persinyalan dan Tipe Pendekat

Sinyal	Lengan	Tipe Pendekat	Waktu (det)			Waktu Siklus (c)
			merah	hijau	kuning	
Fase 1	Jl. Basuki Rahmat (U)	Terlindung (P)	82	25	3	110
Fase 2	Jl. Wolter Monginsidi (T)	Terlindung (P)	74	33	3	
Fase 3	Jl. Basuki Rahmat (S)	Terlindung (P)	77	30	3	

Sumber : Pengamatan Langsung, 2021

e. Arus Jenuh

$$S = S_0 \times F_{HS} \times F_{VK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a}$$

$$S = 4200 \times 0,88 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,82 \times 0,92 \times 1,00$$

$$= 2795 \text{ skr/jam}$$

f. Rasio Arus, $R_{Q/S}$

$$R_{Q/S} = 566/2795$$

$$= 0,202$$

g. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

$$C = \frac{1,5 \times 12,8 + 5}{1 - 0,779} = 110 \text{ detik}$$

h. Menetapkan Kapasitas Simpang

1. Kapasitas (C)

$$C = 2803,1 \times \frac{25}{110} = 641 \text{ skr/jam}$$

2. Derajat Kejenuhan

$$D_j = \frac{566}{641} = 0,8830$$

Tabel 7. Perhitungan Analisis Kinerja Simpang

Kode Pendekat	Arus Jenuh, S	Arus Lalu Lintas, Q	Rasio Arus, $R_{Q/S}$	Rasio Fase, RF	Waktu Hijau, Hi	Kapasitas, C _i	Derajat kejenuhan, D _j
	Skr/jam	Skr/jam					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(8)	(9)
U	2795	566	0,202	0,260	25	641	0,883
T	3068	856	0,279	0,358	35	970	0,883
S	2800	835	0,298	0,382	37	946	0,883

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

i. Menetapkan Kinerja Simpang

1. Panjang Antrian

$$N_{Q1} = 0,25 \times 641 \times 0,013 = 3,1 \text{ skr}$$

$$\text{Karena } D_j = 0,8830 \text{ skr/jam}$$

$$N_{Q2} = 110 \times \frac{(1-0,229)}{(1-0,229 \times 0,8830)} \times \frac{566}{3600} = 16,7 \text{ skr}$$

$$N_Q = 3,1 + 16,7 = 19,8 \text{ skr}$$

$$N_{Q_{\text{MAX}}} = 30$$

$$PA = N_Q \times \frac{20}{L_m}$$

$$PA = 20 \times (20/7) = 56 \text{ m}$$

2. Rasio Kendaraan Henti

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{20}{566 \times 110} \times 3600 = 1,028$$

$$N_H = 566 \times 1,028 = 550 \text{ skr/jam}$$

3. Tundaan

$$T_L = 110 \times \frac{0,5 \times (1-0,229)^2}{(1-0,229 \times 0,8830)} + \frac{3,1 \times 3600}{641} =$$

$$58,4 \text{ det/skr}$$

$$T_G = (1 - 1,028) \times 0,38 \times 6 + (1,028 \times 4) = 4,05 \text{ det/skr}$$

$$T = 58,4 + 4,05 = 62,4 \text{ det/skr}$$

$$T_{\text{TOT}} = 62,4 \times 566 = 35346 \text{ det/skr}$$

Tabel 8. Rekapitulasi Kinerja Simpang

Kode Pendekat	Rasio Hijau	NQ	Panjang Antrian, PA	Juml. Kend. Henti, NKH	Rasio Kend. Henti, RKH	Tundaan, T
	RH					
U	0,229	19,8	56	550	1,028	62,4
T	0,316	28,0	80	890	0,961	51,1
S	0,338	27,2	78	870	0,959	50,1

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

j. Kriteria Penilaian Kinerja Simpang

1. Analisis Kinerja Simpang Pada Tahun 2021

Tabel 9. Antrian pada Simpang APILL Tahun 2021

No.	Nama Jalan	Tundaan $T = T_{II} + T_G$	Tingkat Pelayanan
1	Jl. Basuki Rahmat (U)	62	F
2	Jl. Wolter Monginsidi (T)	51	E
3	Jl. Basuki Rahmat (S)	50	E

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

2. Analisis Kinerja Simpang Untuk 5 Tahun Kedepan (2021 - 2026)

a. Perhitungan Umur Rencana

$$LHR_{2026} = LHR_{2021} (1 + i)^n = 1,276$$

b. Perhitungan Analisis Kinerja Simpang

Tabel 10. Perhitungan Analisis Kinerja Simpang

Kode Pendekat	Arus Jenuh, S	Arus Lalu Lintas, Q	Rasio Arus, RQ/s	Rasio Fase, RF	Waktu Hijau, Hi	Kapasitas, Ci	Derajat kejenuhan, Dj
	Skr/jam	Skr/jam					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(8)	(9)
U	2818	627	0,222	0,259	25	646	0,970
T	3068	926	0,302	0,352	34	954	0,970
S	2766	921	0,333	0,388	38	949	0,970

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

c. Perhitungan Kinerja Simpang

Tabel 11. Rekapitulasi Kinerja Simpang

Kode Pendekat	Rasio Hijau	NQ	Panjang Antrian, PA	Juml. Kend. Henti, NKH	Rasio Kend. Henti, RKH	Tundaan, T
	RH					
		skr	m	skr		Det/skr
U	0,229	27,5	79	485	1,292	94
T	0,311	37,5	107	776	1,194	78
S	0,343	37,2	106	774	1,190	76

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

d. Antrian pada Simpang APILL Tahun 2026

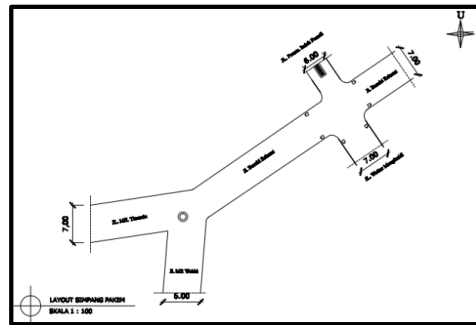
Tabel 12. Antrian pada Simpang APILL Tahun 2026

No.	Nama Jalan	Tundaan $T = T_{II} + T_G$	Tingkat Pelayanan
1	Jl. Basuki Rahmat (U)	94	F
2	Jl. Wolter Monginsidi (T)	78	F
3	Jl. Basuki Rahmat (S)	76	F

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

3. Analisa Simpang Vissim

a. Layout Lokasi Penelitian



Gambar 2. Layout Lokasi Penelitian

Sumber : Pengamatan Langsung 2021

b. Data Masukan

Tabel 13. Data Volume Lalu Lintas Lengan Utara pada Jam Puncak

Waktu	Volume Kendaraan				Total Kendaraan
	MC Kend/jam	LV Kend/jam	HV Kend/jam	UM Kend/jam	
06.00–06.15	745	55	28	0	828
06.15–06.30	814	66	16	4	900
06.30–06.45	828	56	13	7	904
06.45–07.00	789	55	26	8	878
Total	3176	232	83	19	3510

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 14. Data Volume Lalu Lintas Lengan Barat pada Jam Puncak

Waktu	Volume Kendaraan				Total Kendaraan
	MC Kend/jam	LV Kend/jam	HV Kend/jam	UM Kend/jam	
06.00–06.15	575	33	19	9	636
06.15–06.30	709	40	45	13	807
06.30–06.45	447	37	32	7	523
06.45–07.00	422	52	49	7	530
Total	2153	162	145	36	2,496

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 15. Data Volume Lalu Lintas Lengan Selatan pada Jam Puncak

Waktu	Volume Kendaraan				Total Kendaraan
	MC Kend/jam	LV Kend/jam	HV Kend/jam	UM Kend/jam	
06.00–06.15	348	18	7	25	398
06.15–06.30	379	11	8	15	413
06.30–06.45	376	12	4	23	415
06.45–07.00	402	19	13	15	449
Total	1,505	60	32	78	1,675

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

4. Analisis Kinerja Ruas Jalan

1. Derajat Kejenuhan

$$D_j = \frac{q}{c}$$

Dengan nilai C sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FC_{LJ} \times FC_{PA} \times FC_{HS} \times FC_{UK}$$

$$C = 2900 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,95 \times 1,00$$

$$= 2755 \text{ skr/jam}$$

Jadi nilai Dj untuk Jl. Basuki Rahmat dengan $Q = 1979 \text{ skr/jam}$ dan $C = 2755 \text{ skr/jam}$ adalah:

$$Dj = \frac{1979}{2755} = 0,7182 (C)$$

Kriteria C menunjukkan lalu lintas berada dalam zona stabil, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatannya.

Tabel 16. Perhitungan Derajat Kejenuhan Simpang Tak Bersinyal

Nama Jalan	Kapasitas (c), skr/jam	Q skr	Dj, skr/jam	Tingkat Pelayanan
Jl. Basuki Rahmat	2755	1979	0,72	D
Jl. M.H. Thamrin	2755	1432	0,52	C
Jl. Mr. Wahid	2397	854	0,36	B

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

2. Kecepatan Arus Bebas

$$V_B = (V_{BD} + V_{BL}) \times FV_{BHS} \times FV_{BUK}$$

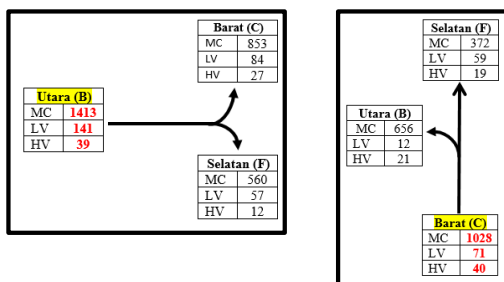
Tabel 17. Perhitungan Kecepatan Arus Bebas

Tipe Jalan	V_{BD}	V_{BL}	FV_{BHS}	FV_{BUK}	V_B (km/jam)
Mayor	40	0	0,96	1,00	38,4
Minor	40	-3	0,92	1,00	37,2

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

5. Analisis Simpang Tak Bersinyal

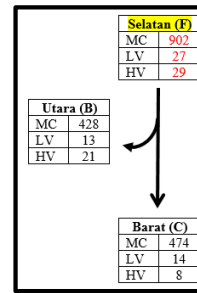
1. Perhitungan Rasio pada Jalan Mayor



Gambar 3. Data Arus Belok Jalan Mayor

Sumber : Pengamatan Langsung 2021

2. Perhitungan Rasio pada Jalan Mayor



Gambar 4. Data Arus Belok Jalan Minor

Sumber : Pengamatan Langsung 2021

3. Perhitungan Rasio Total

Tabel 18. Perhitungan Rasio Total Jalan Mayor dan Minor

Arus Lalu Lintas	KR, ekr=1,0		KS, ekr=1,3		SM, ekr=0,5		qKB TOTAL			qKTB
	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam	kend/jam	skr/jam	RB	
Mayor	96	96	48	62,4	1509	754,5	1653	912,9	0,445	9
Minor	73	73	27	35,1	846	423	946	531,1	0,259	28
R	70	70	33	42,9	988	494	1091	606,9	0,296	25
Qtot=qmi+qma=	239	239	108	140,4	3343	1671,5	3690	2050,9	1	62

Rmi=qmi/Qtot	0,2515
RKTB=qKTB/qKB	0,0168

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

4. Rekapitulasi Perhitungan Rasio

Tabel 19. Rekapitulasi Perhitungan Rasio Belok

Q kendaraan	2050,9
Q mayor	1535,2
Q minor	515,7
Q SM	1671,5
Q KR	239
Q KB	140,4
RBKi	0,4
RBKa	0,3
RB	1,0
Rmi	0,3
RKTB	0,02

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

6. Analisis Kapasitas Simpang

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_{MX} \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \times F_{R_{mi}}$$

Tabel 20. Perhitungan Kapasitas Simpang

Kapasitas Dasar	Faktor Koreksi Kapasitas							Kapasitas
	Lebar rata-rata pendekat	Median jalan mayor	Ukuran kota	Hambatan samping	Belok kiri	Belok kanan	Rasio minor	
Skr/jam	FLP	Fm	FUK	FHS	FBK _i	FBK _a	Fmi	Skr/jam
2700	0,98	1,00	1,00	0,95	1,6	0,82	0,97	3099

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

7. Kinerja Lalu Lintas Simpang

1. Derajat Kejenuhan

Nilai kapasitas yang di dapat adalah 3099 skr/jam. Sedangkan nilai Q yaitu 2051 skr/jam. Sehingga nilai Dj simpang yang didapatkan adalah :

$$\begin{aligned} Dj &= q/C \\ &= 2051 / 3099 \\ &= 0,6618 (C) \end{aligned}$$

Karena Dj = 0,7 dan tingkat pelayanan lalu lintasnya berada pada nilai C, maka arus berada pada zona stabil, pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatannya.

2. Tundaan

Tundaan terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G). Pada perhitungan sebelumnya didapatkan nilai Dj= 0,66

$$\begin{aligned} T_{LL} &= \frac{1,0504}{(0,2742-0,2042 Dj)} - (1 - Dj)^2 \\ &= \frac{1,0504}{(0,2742-0,2042 (0,66))} - (1 - 0,66)^2 \\ &= 7,53 - 0,1156 = 7,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{LLma} &= \frac{1,0503}{(0,3460-0,2460 Dj)} - (1 - Dj)^{1,8} \\ &= \frac{1,0503}{(0,3460-0,2460 (0,66))} - (1 - 0,66)^{1,8} \\ &= 5,72 - 0,14 = 5,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{LLmi} &= \frac{qTOT \times T_{LL} - qma \times T_{LLma}}{qmi} \\ &= \frac{2051 \times 7,4 - 1535 \times 5,6}{515,7} \\ &= 12,76 \text{ det/skr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TG &= (1-Dj) \times ((6R_B+3(1-R_B)) + 4 Dj) \\ &= (1-0,66) \times (6(1,0) + 3(1-1,0)) + 4 (0,66) \\ &= 4,68 \text{ det/skr} \end{aligned}$$

Jadi, Tundaan rata-rata pada simpang adalah

$$\begin{aligned} T &= T_{LL} + T_G \\ &= 7,4 + 4,68 \\ &= 12,08 \text{ det/skr} \end{aligned}$$

3. Peluang Antrian

Peluang Antrian (PA) dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%) dimana terdapat

batas atas dan batas bawah peluang sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Batas atas peluang } P_A &= 47,17 Dj - 24,68 Dj^2 + 56,47 Dj^3 \\ &= 47,17 (0,66) - 24,68 (0,66^2) + 56,47 (0,66^3) \\ &= 36,6 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas bawah peluang } P_A &= 9,02 Dj + 20,66 Dj^2 + 10,49 Dj^3 \\ &= 9,02(0,66) + 20,66 (0,66^2) + 10,49 (0,66^3) \\ &= 17,9 \% \end{aligned}$$

4. Jumlah Kendaraan Antri

DJ = 0,66 > 0,5 maka:

$$NQ_1 = 0,25.C \left[(Dj - 1) + \sqrt{(Dj - 1)^2 + \frac{8(Dj - 0,5)}{C}} \right]$$

$$NQ_1 = 0,25 \times 3099 \left[(0,66 - 1) + \sqrt{(0,66 - 1)^2 + \frac{8(0,66 - 0,5)}{3099}} \right]$$

$$NQ_1 = 0,47 \text{ skr/jam}$$

$$NQ_2 = C \frac{1}{1-Dj} \cdot \frac{Q_{masuk}}{3600}$$

$$NQ_2 = 3099 \times \frac{1}{1-0,66} \times \frac{3}{3600}$$

$$NQ_2 = 7,6 \text{ skr/jam}$$

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2}$$

$$= 0,47 + 7,6$$

$$= 8,1 \text{ skr/jam}$$

Dengan nilai POL = 5%, NQ = 8,1 skr/jam. Maka, panjang antrian dalam satuan meter dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$N_{QL} = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}}$$

$$N_{QL} = \frac{12 \times 20}{6}$$

$$N_{QL} = 40 \text{ meter}$$

8. Analisa Kinerja Simpang untuk 5 Tahun Kedepan

Diketahui untuk jenis kendaraan MC (sepeda motor) dengan volume 3343 dikalikan dengan ekr 0,5 dan umur rencana, maka didapatkan Q skr (jumlah total) 2133. Untuk jenis kendaraan LV (mobil pribadi, kendaraan ringan) dengan volume 239 dikalikan ekr 1,0 dan umur rencana, didapatkan nilai Q skr (jumlah total) 305. Untuk jenis kendaraan HV (bus, kendaraan berat) dengan volume 108 dikalikan dengan ekr 1,3 dan umur rencana, didapatkan nilai Q skr (jumlah total) 179.

Jadi untuk Q skr 2026 (jumlah total) adalah 2.618 skr/jam. Nilai C = 3099 skr/jam, sehingga didapatkan perhitungan Dj :

$$Dj = q/C$$

$$= 2618/3099$$

$$= 0,84 \text{ skr/jam (D)}$$

Dimana hasil Dj = 0,84 (D) menunjukkan lalu lintas mendekati arus tidak stabil dimana hampir seluruh pengemudi akan dibatasi volume pelayanan berkaitan dengan kapasitas yang dapat ditolerir (diterima).

9. Hasil Simulasi Vissim

1. Simpang Pakem pada Tahun 2021

- Input Data

Tabel 21. Data Masukan Simulasi Simpang Pakem

Nama Jalan	Data Masukan					
	Lebar per Lajur (m)	Volume Kendaraan (kend/jam)	Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)			
			MC	LV	HV	UM
Jl. Basuki Rahmat (utara)	3,50	1904	40	35	35	15
Jl. Mr. Wahid (selatan)	3,00	1507	40	35	35	15
Jl. M.H. Thamrin (barat)	3,50	2739	40	35	35	15
Jl. Wolter Monginsidi (timur)	3,50	2361	40	35	35	15

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

- Output Data

Tabel 22. Hasil Simulasi Vissim Simpang Pakem

Nama Jalan	Tundaan (det/skr)
Jl. Basuki Rahmat (utara)	98
Jl. Mr. Wahid (selatan)	75
Jl. M.H. Thamrin (barat)	109
Jl. Wolter Monginsidi (Timur)	120

Sumber : Vissim, 2021

2. Simpang Pakem pada Tahun 2026

Tabel 23. Data Masukan Simulasi Simpang Pakem

Nama Jalan	Data Masukan					
	Lebar per Lajur (m)	Volume Kendaraan (kend/jam)	Kecepatan rata-rata kendaraan (km/jam)			
			MC	LV	HV	UM
Jl. Basuki Rahmat (utara)	3,50	2429	40	35	35	15
Jl. Mr. Wahid (selatan)	3,00	1765	40	35	35	15
Jl. M.H. Thamrin (barat)	3,50	3286	40	35	35	15
Jl. Wolter Monginsidi (timur)	3,50	2889	40	35	35	15

Sumber : Perhitungan Rekayasa, 2021

- Output Data

Tabel 24. Hasil Simulasi Vissim Simpang Pakem

Nama Jalan	Tundaan (det/skr)
Jl. Basuki Rahmat (utara)	136

Jl. Mr. Wahid (selatan)	103
Jl. M.H. Thamrin (barat)	147
Jl. Wolter Monginsidi (Timur)	156

Sumber : Vissim. 2021

10. Alternatif Pengaturan Lalu Lintas Untuk 5 Tahun Kedepan (2026)

1. Mengubah waktu siklus

Pada penelitian tugas akhir ini, peneliti akan membandingkan kinerja simpang bersinyal dengan jumlah waktu fase yang diperkecil sesuai aturan PKJI 2014

a. Perhitungan waktu siklus

Tabel 25. Kondisi Persinyalan dan Tipe Pendekat

Sinyal	Lengan	Tipe Pendekat	Waktu (det)			Waktu Siklus (C)
			Merah	Hjau	Kuning	
Fase 1	Jl. Basuki Rahmat (utara)	Terlindung (P)	54	20	3	77
Fase 2	Jl. Wolter Monginsidi (timur)	Terlindung (P)	56	18	3	
Fase 3	Jl. Basuki Rahmat (selatan)	Terlindung (P)	57	17	3	

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

b. Perhitungan Kapasitas Simpang APILL

Tabel 26. Kapasitas Simpang APILL

Kode Pendekat	Arus Jenuh disesuaikan, S	Arus Lalu Lintas, Q	Rasio Arus, RQ/s	Rasio Fase, RF	Waktu Hijau, Hi	Kapasitas, Ci	Derajat Kejenuhan
U	3128	627	0,200	0,283	19	752	0,834
T	3478	926	0,266	0,376	25	1110	0,834
S	3803	921	0,242	0,342	22	1105	0,834

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

c. Perhitungan Antrian dan Tundaan Simpang APILL

Tabel 27. Kinerja Simpang APILL

Kode Pendekat	Rasio Hijau, RH	NQ	Panjang Antrian, PA	Jml Kend. Henti	Rasio Kend. Henti	Tundaan, T
U	0,240	14,7	42	636	1,0	40
T	0,319	20,3	58	1001	0,9	35
S	0,290	20,4	58	988	0,9	36

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

d. Antrian pada Simpang APILL

Tabel 28. Kriteria Penilaian Simpang APILL

No.	Nama Jalan	Tundaan $T = T_H + T_G$	Tingkat Pelayanan
1	Jl. Basuki Rahmat (U)	40	D
2	Jl. Wolter Monginsidi (T)	35	D
3	Jl. Basuki Rahmat (S)	36	D

Sumber : Hasil Perhitungan, 2021

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

1. Kinerja Simpang Pakem di Tahun 2021
 - a. Nilai kapasitas simpang APILL pada Jalan Basuki Rahmat (utara) adalah 641 skr/jam, Jalan Wolter Monginsidi (timur) 970 skr/jam dan Jalan Basuki Rahmat (selatan) 946 skr/jam.
 - b. Nilai derajat kejenuhan simpang APILL pada Jalan Basuki Rahmat (utara), Jalan Wolter Monginsidi (timur) dan Jalan Basuki rahmat (selatan) 0,883.
 - c. Nilai panjang antrian simpang APILL pada Jalan Basuki Rahmat (utara) adalah 56 m, Jalan Wolter Monginsidi (timur) 80 m dan Jalan Basuki rahmat (selatan) 78 m.
 - d. Nilai tundaan rata-rata simpang APILL pada Jalan Basuki Rahmat (utara) adalah 62 det/skr, Jalan Wolter Monginsidi (timur) 52 det/skr dan Jalan Basuki rahmat (selatan) 50 det/skr.
2. Kinerja Simpang Pakem di Tahun 2026
 - a. Nilai kapasitas simpang APILL pada Jalan Basuki Rahmat (utara) adalah 646 skr/jam, Jalan Wolter Monginsidi (timur) 945 skr/jam dan Jalan Basuki Rahmat (selatan) 949 skr/jam.
 - b. Nilai derajat kejenuhan simpang APILL pada Jalan Basuki Rahmat (utara), Jalan Wolter Monginsidi (timur) dan Jalan Basuki rahmat (selatan) adalah sebesar 0,970.
 - c. Nilai panjang antrian simpang APILL pada Jalan Basuki Rahmat (utara) adalah 79 m, Jalan Wolter Monginsidi (timur) 107 m dan Jalan Basuki rahmat (selatan) 106 m.
 - d. Nilai tundaan rata-rata simpang APILL pada Jalan Basuki Rahmat (utara) adalah 94 det/skr, Jalan Wolter Monginsidi (timur) 78 det/skr dan Jalan Basuki rahmat (selatan) 76 det/skr.
3. Dari simulasi lalu lintas yang telah dilakukan pada simpang tiga Pakem menggunakan Vissim diketahui bahwa antrian kendaraan mulai terjadi pada simpang tiga tidak bersinyal. Simpang tiga tidak bersinyal tersebut selain kendaraan

sepeda motor yang mendominasi juga dilalui kendaraan berat seperti truk, trailer dan bus. Kendaraan yang akan keluar masuk dari atau menuju simpang tidak bersinyal akan memakan waktu yang lama karena tidak adanya APILL. Kendaraan tersebut menyebabkan antrian kendaraan yang panjang hingga menimbulkan kemacetan pada simpang tiga bersinyal yang berjarak ± 350 m dari simpang tiga tidak bersinyal Pakem.

4. Solusi alternatif yang diberikan untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal Pakem adalah dengan mengurangi jumlah waktu siklus pada APILL. Waktu siklus pada kondisi eksisting (2021) adalah 110 detik. Setelah dilakukan perhitungan rekayasa menggunakan metode PKJI 2014, didapatkan waktu siklus yang diubah menjadi 77 detik. Hasil dari perhitungan rekayasa ini kemudian disimulasikan pada Vissim. Hasil dari simulasi menunjukkan antrian kendaraan yang berkurang sehingga mengakibatkan kinerja simpang menjadi lebih baik dari kondisi eksisting (2021).

b. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada Simpang Pakem, maka saran / usulan yang dapat diberikan yaitu :

1. Waktu siklus pada APILL diharapkan ditinjau kembali, karena menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2014 jumlah waktu siklus yang sesuai pada simpang tiga adalah 50 – 100 detik. Sedangkan pada simpang Pakem adalah 110 detik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bastanta, F. Adi. (2018). Analisis Kinerja Simpang Ber-APILL Menggunakan *SOFTWARE VISSIM*. Jakarta : Universitas Trisakti.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2014). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI). Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Pemerintah Indonesia. (2006). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan. Jakarta: Menteri Perhubungan.
- Morlok. (1991). Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi. Erlangga. Yogyakarta.
- Aryandi, R. D., dan Munawar, A. (2014). Penggunaan *Software Vissim* untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta. *Proceedings of the 17th FSTPT International Symposium*, Jember, 22 – 24 Agustus 2014, 338-347.
- Rahman, Abdul, (2016). Perencanaan Simpang Empat Bersinyal Pasar Lemabang Kota Palembang dengan Program Simulasi *VISSIM*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- VISSIM User Manual – version 7.0. PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, Germany, 2011.
- Rizna, Yuni. (2021). Kajian Kinerja Lalu Lintas Pada Simpang Tiga Kreongan Jember. Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Arif, W.M. (2019). Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Software PTV Vissim 10.0 Pada Simpang Empat Bersinyal Batikan Yogyakarta. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.