

Analisis Kinerja Simpang Bersinyal di Kota Malang Menggunakan PKJI 2023 (Studi Kasus: Simpang Dieng Malang)

Mohammad Ramzy^{1*}, Boedi Rahardjo² dan Bambang Supriyanto³

^{1,2,3}*Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia*

**Email Corresponding: mohammad.ramzy.1705236@students.um.ac.id*

Abstrak: Persimpangan menjadi salah satu bagian penting dari transportasi yang perlu diperhatikan untuk mengatur dan melancarkan arus lalu lintas dalam kota. Simpang Dieng adalah salah satu simpang di kota Malang yang mempunyai volume arus lalu lintas yang cukup padat. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kinerja simpang, mencari alternatif solusi, dan memperkirakan kinerja simpang alternatif solusi untuk waktu 5 tahun yang akan datang. PKJI 2023 akan digunakan untuk menganalisis kinerja simpang Dieng kondisi eksisting. Hasil analisis kinerja simpang Dieng diperoleh (1) nilai derajat kejenuhan tertinggi pada jam puncak pagi hari Rabu, 11 Oktober 2023 dengan nilai 1,133 dan menghasilkan tundaan rata-rata simpang sebesar 187,9 det/SMP yang termasuk dalam kategori tingkat pelayanan F (sangat buruk), maka perlu dilakukan analisis untuk mencari alternatif solusi yang sesuai dengan ketentuan PKJI 2023. (2) Alternatif solusi terbaik yang dapat diterapkan dengan melakukan pelarangan belok kanan untuk semua pendekat dan mengubah dari 4 fase menjadi 2 fase waktu sinyal. Penerapan alternatif solusi tersebut mendapatkan kategori tingkat pelayanan B (baik) dengan nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 13,3 det/SMP. (3) Analisis perkiraan alternatif solusi yang terbaik untuk 5 tahun yang akan datang dengan menggunakan metode analisis regresi tunggal. Hasil analisis perkiraan tersebut ditemukan bahwa kinerja simpang dapat mempertahankan tingkat pelayanan B (baik) pada tahun 2028 dengan nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 14,0 det/SMP.

Kata kunci: Kinerja Simpang Simpang Bersinyal PKJI 2023 Simpang Dieng Malang

PENDAHULUAN

Malang merupakan salah satu kota besar di Indonesia, terutama di Jawa Timur. Malang menjadi kota yang memiliki banyak perguruan tinggi, tempat wisata serta tempat bersejarah, sehingga mempunyai daya tarik untuk dikunjungi oleh semua orang. Malang juga memiliki permasalahan umum dalam transportasi yaitu, kemacetan yang cukup tinggi. Masalah kemacetan ini terjadi karena bertambahnya jumlah penduduk yang juga diikuti dengan meningkatnya jumlah kendaraan yang dimiliki masyarakat (Nindita, 2020). Meningkatnya jumlah kendaraan ini akan membuat bertambahnya volume kendaraan sehingga arus kendaraan lalu lintas semakin tinggi.

Menurut Putra (2021), salah satu sumber dari kemacetan yang menjadi masalah umum dalam transportasi terletak pada persimpangan. Persimpangan menjadi salah satu bagian penting dari transportasi yang perlu diperhatikan untuk mengatur dan melancarkan arus lalu lintas. Persimpangan perlu diatur secara berkala sehingga dapat melancarkan arus lalu lintas. Menurut Rizani (2022), dalam usaha mengurangi permasalahan kemacetan yang tinggi perlu adanya sarana dan prasarana yang mendukung, dan dapat meningkatkan kapasitas sistem transportasi, serta manajemen lalu lintas yang baik.

Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, parameter umum untuk membuat kinerja simpang yang ideal adalah derajat kejenuhan (DJ). Nilai DJ yang sering digunakan sebagai batasan adalah 0,85. Apabila suatu ruas jalan mempunyai nilai $DJ \leq 0,85$, maka kinerja jalan dianggap masih laik untuk dipakai. Jika nilai $DJ > 0,85$, maka perlu untuk melakukan peningkatan kinerja simpang, misalnya penambahan lajur atau menerapkan manajemen arus lalu lintas agar nilai DJ tidak lebih besar dari 0,85. Simpang bersinyal memiliki parameter tambahan untuk menganalisis

kinerja simpang yang kurang laik, yaitu panjang antrian (PA), rasio kendaraan henti (RKH), dan tundaan (T). batasan nilai dari parameter tambahan bervariasi tergantung dari kondisi geometrik simpang yang dianalisis.

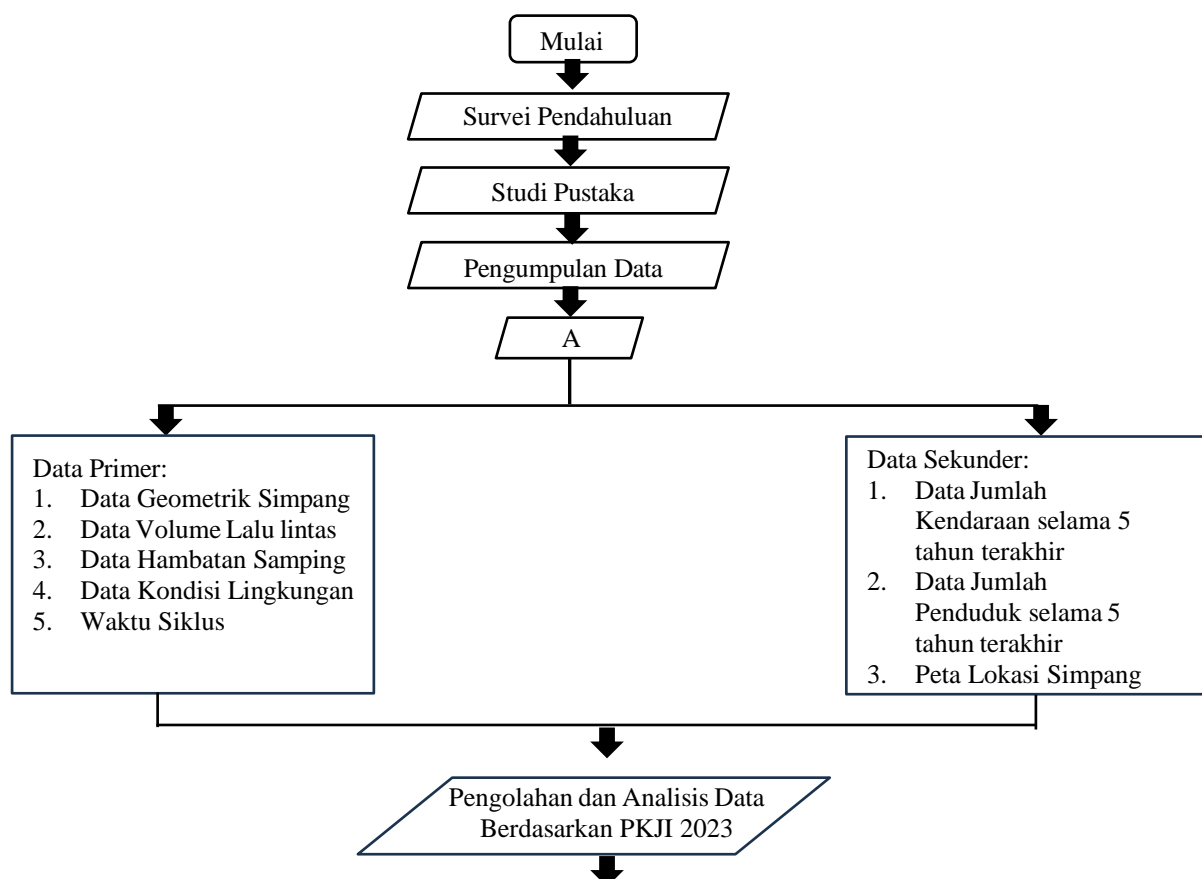
Salah satu persimpangan yang mempunyai volume arus lalu lintas yang cukup padat di Malang adalah Simpang Dieng. Simpang ini memiliki 4 fase waktu sinyal yang tak searah jarum jam. Simpang Dieng mempertemukan antara ruas jalan yaitu, Jalan Galunggung (Utara), Jalan Terusan Dieng (Barat), Jalan Raya Langsep (Selatan), dan Jalan Dieng (Timur). Simpang Dieng menjadi salah satu akses jalur kendaraan pribadi maupun kendaraan umum untuk menuju Universitas terdekat dan beberapa pertokoan serta pusat perbelanjaan. Beberapa guna lahan di sekitar simpang Dieng seperti, toko/kios, dan perkantoran serta sekolah/kampus yang terletak di sekitar simpang Dieng. Guna lahan tersebut mempunyai tarikan yang cukup besar dan membuat arus volume kendaraan lalu lintas tinggi yang bisa memicu terjadinya kemacetan.

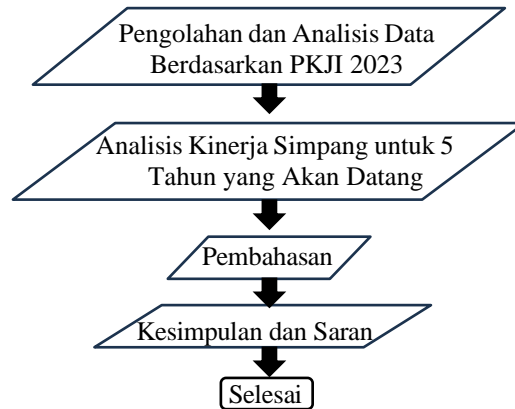
Berdasarkan PKJI 2023, nilai efektif waktu antar hijau dengan lebar ruas jalan rata-rata 6-10 meter adalah 4 detik/fase. Hasil survei pendahuluan dapat menunjukkan kondisi saat ini lokasi studi bahwa kurang efektifnya penggunaan waktu antar-fase. Semua ruas jalan pada simpang Dieng memiliki lebar kurang dari 10 meter dan jika dihitung setiap fase pada jam puncak memiliki waktu antar hijau selama 6 detik/fase. Dalam PKJI 2023, juga terdapat ketentuan untuk waktu siklus 4 fase, yakni 80-130 detik. Survei pendahuluan juga menunjukkan waktu siklus eksisting melebihi dari ketentuan PKJI 2023. Adanya hasil ini maka simpang Dieng perlu dilakukan analisis untuk mengevaluasi kinerja persimpangan dengan lampu lalu lintas pada kondisi saat ini.

METODE

Rancangan penelitian

Rancangan penelitian berisi tentang alur penelitian yang akan digunakan. Berikut urutan rancangan penelitian pada gambar 1. dibawah ini.





Gambar 1 Rancangan Penelitian

Pelaksanaan Penelitian

Lokasi penelitian akan dilakukan pada salah satu simpang bersinyal di kota Malang yaitu, simpang Dieng yang mempertemukan 4 pendekat jalan antara lain, Jl. Galunggung, Jl. Terusan Dieng, Jl. Raya Langsep, dan Jl. Dieng. Hari pelaksanaan pengumpulan data akan dilakukan selama 3 hari, yaitu hari Senin dan Rabu (weekdays) dan hari Minggu (weekend). Waktu pelaksanaan dipilih karena memiliki arus lalu lintas yang cukup padat sehingga memungkinkan untuk mendapatkan puncak arus lalu lintas. Pengumpulan data arus lalu lintas kendaraan diambil melalui CCTV online kota Malang yang diakses melalui website cctv.malangkota.go.id dibantu dengan perekaman melalui laptop, survei dilakukan selama 12 jam non-stop.

Data hambatan samping akan diambil melalui survei langsung lokasi. Pengambilan data hambatan samping dilakukan dengan interval 15 menit selama 12 jam. Ada total 8 surveyor, setiap 3 jam ada 4 surveyor dilapangan akan bergantian untuk mengambil data hambatan samping. Instrumen penelitian atau alat yang akan digunakan saat pelaksanaan yaitu laptop, roll meter, stopwatch, kamera cctv, traffic counter, kamera HP, dan alat tulis untuk mencatat.

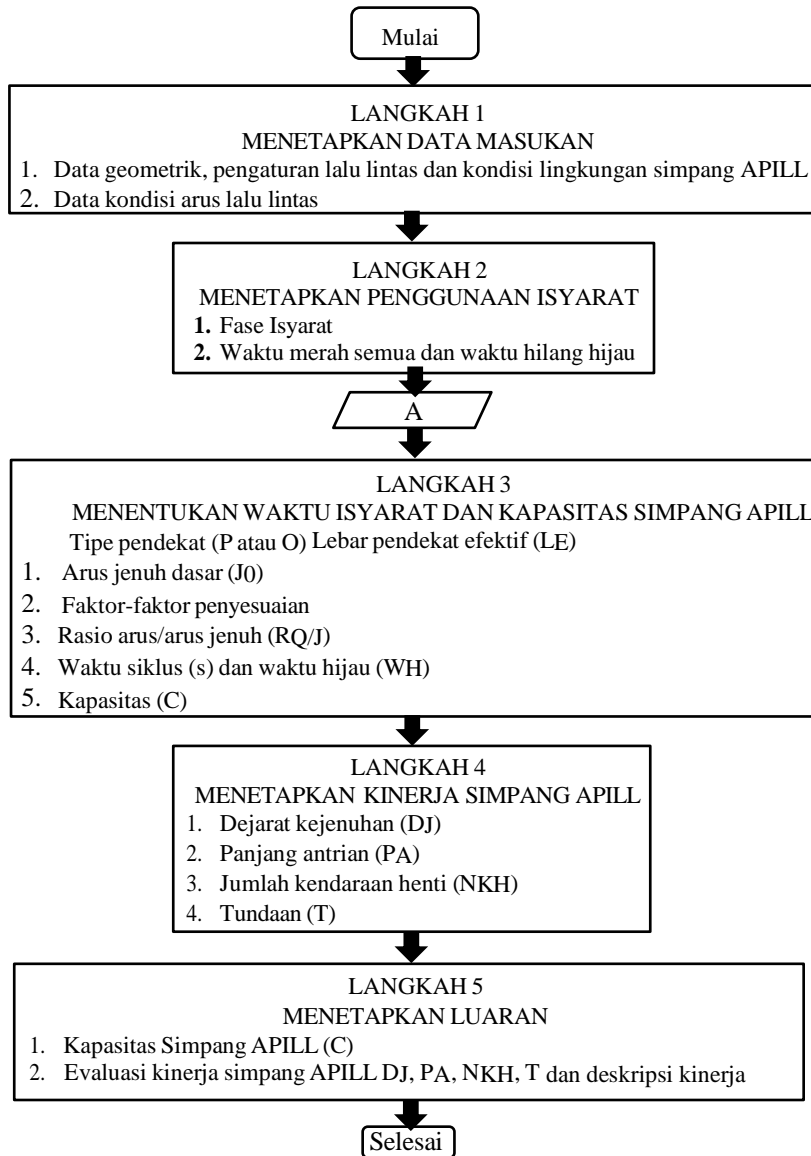
Data Penelitian

Penelitian kinerja simpang bersinyal bersifat kuantitatif sehingga butuh pengambilan data sampel. Data yang akan diperoleh dari survei langsung lapangan dan dari beberapa instansi terkait. Ada 2 data yang didapatkan, yaitu data primer dan sekunder. Data sekunder dapat diperoleh dari instansi terkait sebagai landasan masalah yang ada dan juga sebagai pembandingan kondisi eksisting simpang yang akan dilakukan penelitian. Instansi terkait dalam penelitian ini adalah Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Malang yang mempunyai data angka jumlah penduduk dan jumlah kendaraan sehingga kapasitas jalan dapat ditinjau. Data sekunder berupa peta lokasi penelitian dapat diperoleh dari Google Maps.

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung yaitu dengan cara survei langsung kondisi di lapangan. Data geometrik jalan yang meliputi denah eksisting data lebar pendekat dan data lebar bahu jalan, data diperoleh dari hasil survei di lapangan. Data arus lalu lintas untuk tiap- tiap pendekat yang dibagi dalam 3 arus, yaitu arus kendaraan lurus, arus kendaraan belok kanan, arus kendaraan belok kiri mengikuti isyarat atau belok kiri langsung. Tipe kendaraan yang diamati menurut PKJI 2023, dikelompokkan menjadi 4 kategori yaitu, sepeda motor (SM), mobil penumpang (MP), kendaraan besar (KB), kendaraan tidak bermotor (KTB). Data hambatan samping berupa jumlah pejalan kaki, kendaraan tidak bermotor, kendaraan parkir, serta kendaraan yang keluar masuk pada sepanjang pendekat masing-masing simpang yang mempengaruhi arus lalu lintas kendaraan yang melewati simpang. Data kondisi lingkungan diperlukan agar mengetahui tipe penggunaan lahan di sekitar simpang yang akan diamati untuk tiap-tiap pendekat seperti, tata guna lahan komersial (KOM), tata guna lahan pemukiman (KIM), akses terbatas (AT). Data waktu siklus diperoleh dengan melakukan pengamatan terhadap siklus APILL dilapangan setiap jam menggunakan stopwatch.

Analisis Data

Prosedur perhitungan dan analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan PKJI 2023. Data yang telah diperoleh akan diolah menggunakan Software Microsoft Excel dan hasilnya akan disajikan dalam bentuk tabel sesuai format PKJI 2023. Untuk mempermudah perhitungan dari data yang telah diperoleh, berikut langkah-langkah perhitungan seperti gambar 2. dibawah ini.



Gambar 2 Diagram Alir Langkah-langkah Perhitungan Simpang Bersinyal

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

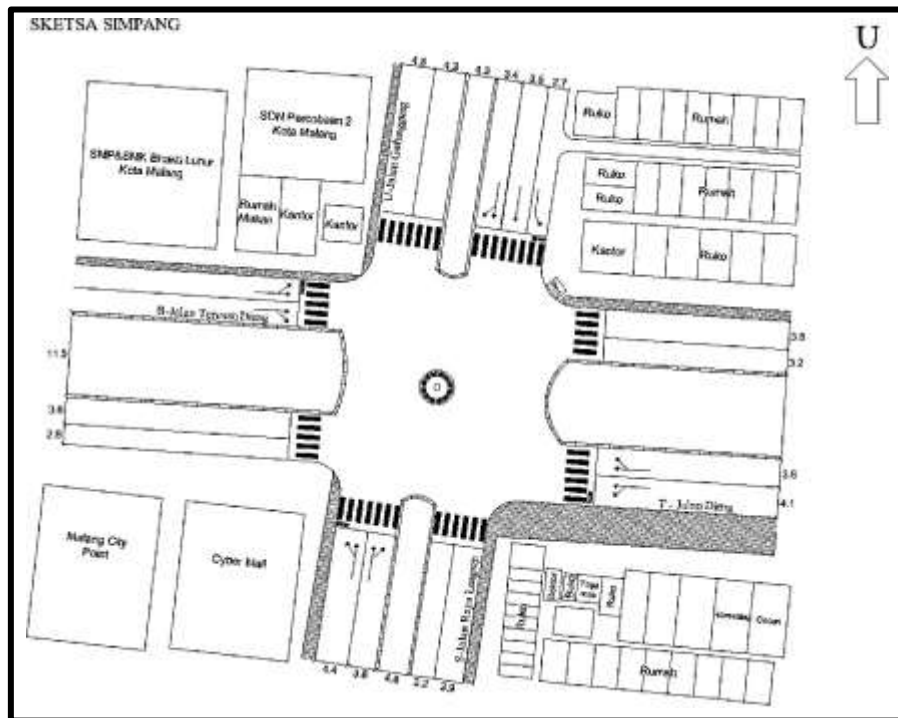
Analisis Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Analisis merupakan kegiatan yang bertujuan mengamati serta dapat mendeskripsikan suatu masalah, kemudian disusun kembali beberapa masalah tersebut untuk bisa dipelajari atau dikaji secara mendetail. Berikut ini hasil dari analisis simpang kondisi eksisting berdasarkan hasil survai lapangan yang telah dilaksanakan pada

simpang Dieng berdasarkan PKJI 2023.

1) Kondisi Geometrik Eksisting

Survei pengambilan data arus lalu lintas dilaksanakan di Simpang Dieng, yang mempertemukan antara ruas jalan yaitu, Jalan Galunggung (Utara), Jalan Terusan Dieng (Barat), Jalan Raya Langsep (Selatan), dan Jalan Dieng (Timur). kondisi guna lahan di sekitar simpang Dieng seperti, toko/kios, dan perkantoran serta sekolah/kampus yang terletak di sekitar simpang Dieng. Guna lahan tersebut mempunyai tarikan yang cukup besar dan membuat arus volume kendaraan lalu lintas tinggi. Kondisi geometrik eksisting simpang Dieng akan ditunjukkan pada gambar 3. dan Tabel 1. dibawah ini.



Gambar 3 Kondisi Geometrik Eksisting Simpang Dieng

Tabel 1 Rekapitulasi Kondisi Eksisting Geometrik Simpang Dieng

Kondisi Lapangan	Utara (Jl. Galunggung)	Barat (Jl. Terusan Dieng)	Selatan (Jl. Raya Langsep)	Timur (Jl. Dieng)
Tipe Lingkungan Pendekat	Komersial	Komersial	Komersial	Komersial
Kelas Hambatan Samping	Sedang	Sedang	Rendah	Rendah
Median	Ada	Ada	Ada	Ada
Belok Kiri Jalan Terus (BKIJT)	Ada	Ada	Ada	Ada
Lebar Pendekat (L)	9,7 m	6,4 m	8,2 m	7,9 m
Lebar Masuk Pendekat (LM)	7 m	6,4 m	6,2 m	5,9 m
Lebar BKIJT (LBKIJT)	2,7 m	< 2 m	2 m	2 m
Lebar Keluar Pendekat (LK)	7,1 m	7 m	8,7 m	6,4 m

2) Waktu Siklus

Waktu siklus eksisting simpang Dieng didapatkan dari pengamatan dan pencatatan langsung menggunakan stopwatch, lalu akan diperoleh waktu hijau, waktu merah, dan waktu kuning serta mendapatkan sebanyak 4 fase dan 2 waktu siklus berbeda. Rekapitulasi hasil pencatatan bisa dilihat pada tabel 2. dan tabel 3. serta akan

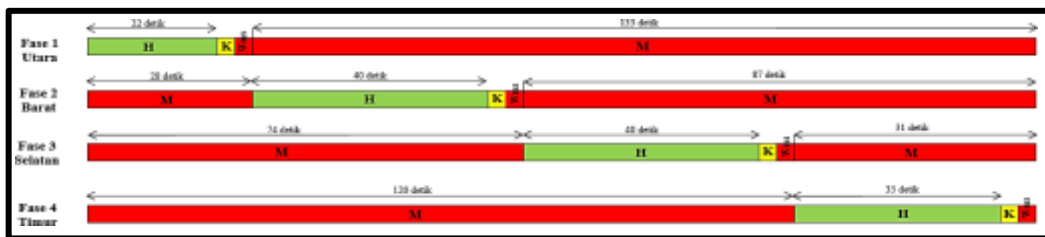
divisualisasikan pada gambar 4. dan gambar 5. dibawah ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Waktu Siklus Jam Puncak Pagi dan Sore Hari

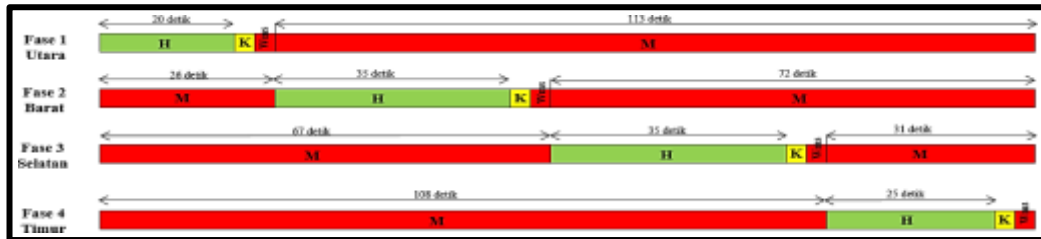
Fase	Pendekat	Waktu Sinyal (detik)			Waktu Siklus (detik)
		Hijau	Kuning	Merah	
1	Utara	22	3	136	161
2	Barat	40	3	118	161
3	Selatan	40	3	118	161
4	Timur	35	3	123	161

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu Siklus Jam Puncak Siang Hari

Fase	Pendekat	Waktu Sinyal (detik)			Waktu Siklus (detik)
		Hijau	Kuning	Merah	
1	Utara	20	3	116	139
2	Barat	35	3	101	139
3	Selatan	35	3	101	139
4	Timur	25	3	111	139



Gambar 4 Waktu Siklus Jam Puncak Eksisting Pagi dan Sore Hari



Gambar 5 Waktu Siklus Jam Puncak Eksisting Siang Hari

3) Data Arus Lalu Lintas

Berdasarkan waktu siklusnya, jam puncak pagi dan sore hari tertinggi terjadi pada hari Rabu, 11 Oktober 2023 pukul 06.30-07.30 WIB serta jam puncak siang hari tertinggi terjadi pada hari Rabu, 11 Oktober 2023 pukul 12.30-13.30 WIB. Rekapitulasi hasil pengamatan arus lalu lintas masing- masing jam puncak dapat dilihat pada tabel 4. dan tabel 5. dibawah ini.

Tabel 4 Hasil Rekapitulasi Jam Puncak Pagi Hari

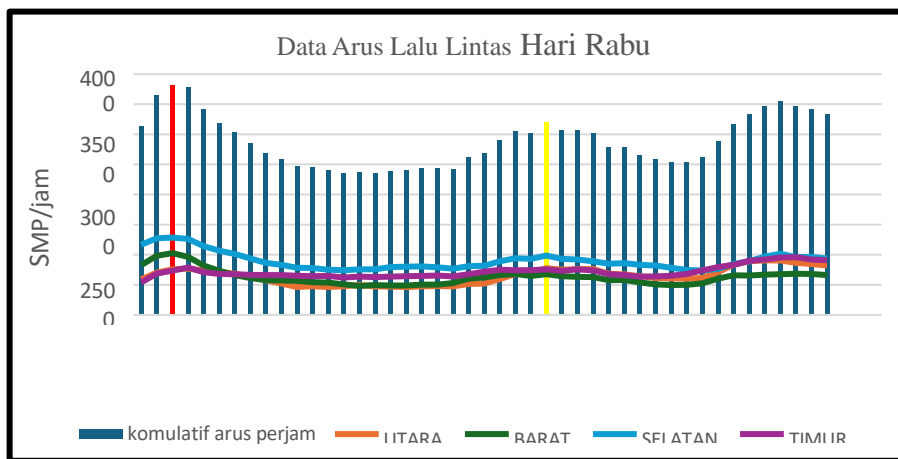
Kode Pendekat	Arah	MP	KB	SM	Total	
		kend/jam	kend/jam	kend/jam	kend/jam	SMP/jam
Utara	BkiJT	135	1	416	552	199
	Lurus	180	21	1712	1913	464
	BKa	48	0	319	367	96
Barat	BkiJT	42	5	695	742	153
	Lurus	519	7	1254	1780	716
	BKa	98	1	387	486	157
	BkiJT	97	4	1071	1172	263

	Lurus	164	21	2952	3137	634
Selatan	BKa	152	4	1535	1691	387
	BkiJT	45	3	318	366	97
Timur	Lurus	334	8	1378	1720	551
	BKa	58	1	200	259	89
TOTAL					14185	3806

Tabel 5 Hasil Rekapitulasi Jam Puncak Siang Hari

Kode Pendekat	Arah	MP	KB	SM	Total	
		kend/jam	kend/jam	kend/jam	kend/jam	SMP/jam
Utara	BkiJT	131	7	364	502	195
	Lurus	237	53	1208	1498	487
	BKa	57	4	215	276	94
Barat	BkiJT	49	5	378	432	112
	Lurus	291	9	680	980	405
	BKa	102	8	324	434	161
Selatan	BkiJT	102	4	484	590	180
	Lurus	247	30	1284	1561	479
	BKa	216	20	576	812	328
Timur	BkiJT	98	7	370	475	163
	Lurus	337	4	847	1188	469
	BKa	102	4	132	238	127
TOTAL					8986	3200

Dari data tabel 4 dan tabel 5 didapatkan hasil rekapitulasi jam puncak eksisting tertinggi pada Rabu, 11 Oktober pukul 06.30-07.30 dengan total arus lalu lintas sebesar 3806 SMP/jam dan pada Rabu, 11 Oktober pukul 12.30-13.30 dengan total arus lalu lintas sebesar 3200 SMP/jam. Data kumulatif arus lalu lintas yang diperoleh saat pengamatan cctv ditunjukkan pada grafik gambar 6 di bawah ini.



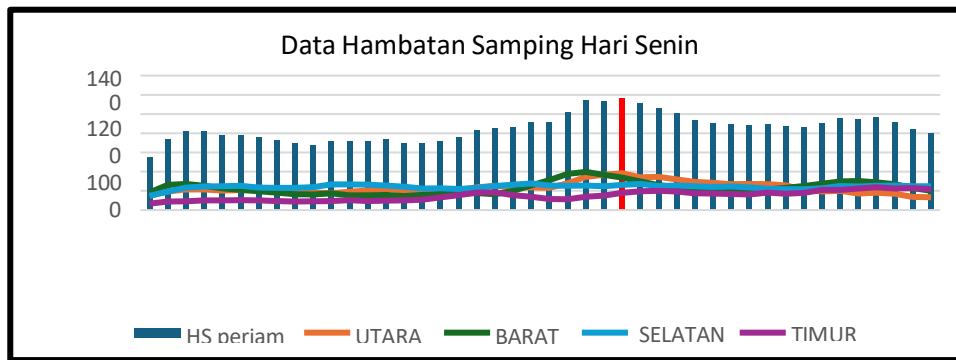
Gambar 6 Grafik Arus Lalu Lintas Simpang Dieng pada Jam Puncak Hari Rabu

4) Data Hambatan Samping

Frekuensi hambatan samping tertinggi terjadi pada hari Senin, 16 Oktober 2023 pukul 12.45-13.45 WIB. Data frekuensi yang telah diperoleh akan dikalikan dengan bobot yang telah ditentukan pada masing-masing jenis hambatan samping sesuai ketentuan dari PKJI 2023. Kondisi hambatan samping pada simpang Dieng ditunjukkan pada tabel 6 dan grafiik gambar 7 yang menunjukkan jam puncak dari hambatan samping simpang Dieng.

Tabel 6 Data Kelas Hambatan Samping Simpang Dieng

Pendekat	Pejalan Kaki	Kendaraan Berhenti	Kendaraan Keluar Masuk	Kendaraan, Lambat	Total Bobot	Kelas Hambatan
	Bobot 0,5	Bobot 1,0	Bobot 0,7	Bobot 0,4		
Utara	42	66	272	4	384	Sedang
Barat	34	51	251	1	338	Sedang
Selatan	14	19	223	8	264	Rendah
Timur	8	15	155	2	179	Rendah



Gambar 7 Grafik Data Hambatan Samping pada Jam Puncak Hari Senin

5) Hasil Perhitungan Kinerja Simpang Eksisting

Hasil perhitungan data analisis menggunakan persamaan berdasarkan PKJI 2023 dapat dilihat pada tabel 7 untuk rekapitulasi perhitungan jam puncak pagi hari dan tabel 8. untuk rekapitulasi perhitungan jam puncak siang hari sebagai berikut.

Tabel 7 Rekapitulasi Perhitungan Kinerja Simpang pada Jam Puncak Pagi Hari

Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q)	Tundaan Lalu lintas rata-rata (T _L)	Tundaan Geometrik rata-rata (T _G)	Tundaan rata-rata pendekat (T _i)	Tundaan Total pendekat (T _{iTotal})	Tundaan simpang rata-rata (T)	Tingkat Pelayanan (LOS)
	(SMP/jam)	(det/SMP)	(det/SMP)	(det/SMP)	(SMP.det)		
Utara	560	230,6	0,0	230,6	129121	187,9	F
Selatan	874	242,3	-0,5	241,8	211247		
Barat	1022	315,6	-2,2	313,4	320127		
Timur	640	71,4	4,2	75,6	48389		
KiJT	711	0,0	8,9	8,9	6321		

Tabel 8 Rekapitulasi Perhitungan Kinerja Simpang pada Jam Puncak Siang Hari

Pendekat	Arus Lalu Lintas (Q)	Tundaan Lalu lintas rata-rata (T _L)	Tundaan Geometrik rata-rata (T _G)	Tundaan rata-rata pendekat (T _i)	Tundaan Total pendekat (T _{iTotal})	Tundaan simpang rata-rata (T)	Tingkat Pelayanan (LOS)
	(SMP/jam)	(det/SMP)	(det/SMP)	(det/SMP)	(SMP.det)		
Utara	582	186,7	0,5	187,2	108870	85,7	F
Selatan	566	52,1	4,9	57,0	32221		
Barat	807	63,2	4,3	67,6	54522		
Timur	596	119,7	2,5	122,2	72852		
BKiJT	649	0,0	8,9	8,9	5773		

Hasil data analisis menggunakan PKJI 2023 menunjukkan bahwa kinerja simpang Dieng pada kondisi eksisting sudah tidak laik. Kinerja simpang dieng sudah terlampaui jenuh dengan nilai tundaan simpang rata-rata pada jam puncak pagi hari sebesar 187,9 det/SMP dan pada jam puncak siang hari sebesar 85,7 SMP.det. Tingkat pelayanan semua jam puncak pagi hari maupun siang hari masuk dalam kategori F yaitu sangat buruk. Karena tingkat pelayanannya sudah sangat buruk, maka perlu dilakukan alternatif solusi perbaikan kinerja simpang pada kondisi eksisting.

Analisis Alternatif Solusi Kinerja Simpang Dieng

Pada perhitungan solusi alternatif, waktu siklus akan menjadi satu waktu siklus yang sama dan jam puncak yang akan dianalisis adalah jam puncak tertinggi yaitu jam puncak pagi hari. Ada 4 alternatif solusi yang akan direncanakan antara lain yaitu, pengoptimalan waktu sinyal, penambahan lebar pendekat dan pengoptimalan waktu sinyal. pelarangan belok kanan dan perubahan menjadi 3 fase, pelarangan belok kanan dan perubahan menjadi 2 fase. Berikut ini hasil analisis perhitungan alternatif solusi dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9 Hasil Analisis Alternatif Solusi Kinerja Simpang Dieng

Pendekat	Derajat Kejuhuan	Panjang Antrian		Tundaan rata-rata det/SMP	Tingkat Pelayanan
		m			
Pengoptimalan waktu sinyal					
Utara	0,998	117		170,4	F
Barat	1,056	246			
Selatan	1,100	358			
Barat	1,089	235			
Penambahan lebar pendekat dan pengoptimalan waktu sinyal					
Utara	0,931	88		64,1	E
Barat	0,935	173			
Selatan	0,947	152			
Barat	0,931	106			
Pelarangan belok kanan dan perubahan menjadi 3 fase					
Utara	0,506	48		32,9	C
Barat	0,778	98			
Selatan	0,763	79			
Barat	0,774	85			
Pelarangan belok kanan dan perubahan menjadi 2 fase					
Utara	0,319	28		13,3	B
Barat	0,515	45			
Selatan	0,481	44			
Barat	0,379	37			

Perkiraan Alternatif Solusi Kinerja Simpang untuk 5 Tahun yang Akan Datang

Analisis kinerja untuk 5 tahun yang akan datang pada alternatif solusi kinerja simpang bertujuan untuk mengetahui kemampuan simpang melayani arus lalu lintas dengan kendaraan bermotor yang semakin meningkat setiap tahunnya. Persamaan regresi tunggal digunakan untuk mencari laju pertumbuhan tiap jenis kendaraan dan pertumbuhan penduduk. Berikut rekapitulasi perkiraan laju pertumbuhan tiap jenis kendaraan dan pertumbuhan penduduk hingga tahun 2028 dapat dilihat pada tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10 Rekapitulasi Perhitungan Perkiraan Data Hingga Tahun 2028

Tahun	Jumlah Penduduk		Jenis Kendaraan					
	Jiwa	i (%)	MP	i (%)	KB	i (%)	SM	i (%)
2014	845973		75818		18810		391282	
2015	851298	0.63	86091	13.55	20401	8.46	441123	12.74
2016	856410	0.60	90058	4.61	20968	2.78	456693	3.53
2017	861414	0.58	95320	5.84	21435	2.23	476017	4.23
2018	866118	0.55	97079	1.85	21668	1.09	477687	0.35

2019	870682	0.53	98392	1.35	21767	0.46	482817	1.07
2020	875932	0.60	105572	7.30	22744	4.49	512939	6.24
2021	880876	0.56	109889	4.09	23288	2.39	529702	3.27
2022	885819	0.56	114206	3.93	23833	2.34	546464	3.16
2023	890762	0.56	118523	3.78	24377	2.28	563227	3.07
2024	895705	0.55	122840	3.64	24921	2.23	579989	2.98
2025	900648	0.55	127157	3.51	25466	2.18	596752	2.89
2026	905591	0.55	131474	3.40	26010	2.14	613515	2.81
2027	910534	0.55	135791	3.28	26555	2.09	630277	2.73
2028	915477	0.54	140108	3.18	27099	2.05	647040	2.66

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan perkiraan data hingga tahun 2028 diperoleh bahwa jumlah penduduk kota Malang berada pada angka < 1 juta, sehingga dalam perkiraan kinerja 5 tahun yang akan datang pada faktor ukuran kota tidak berubah. Alternatif solusi yang akan dianalisis untuk perkiraan kinerja 5 tahun yang akan datang adalah alternatif solusi yang telah mencapai target minimal tingkat pelayanan C (sedang), yang memenuhi target tersebut adalah alternatif solusi 3 dan alternatif solusi 4. Berikut ini rekapitulasi analisis alternatif solusi kinerja simpang yang ketiga dan keempat untuk 5 tahun yang akan datang dapat dilihat pada tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11 Rekapitulasi Alternatif Solusi 3 dan 4 Kinerja Simpang untuk 5 Tahun Mendatang

Tahun	Arus Lalu Lintas (Q) SMP/jam	Tundaan Rata-rata det/SMP	Tingkat Pelayanan	Kategori
Pelarangan belok kanan dan perubahan menjadi 3 fase				
2023	3323	32,9	C	Sedang
2024	3432	33,9	C	Sedang
2025	3538	35,0	C	Sedang
2026	3641	36,3	D	Kurang
2027	3740	37,9	D	Kurang
2028	3853	40,4	D	Kurang
Pelarangan belok kanan dan perubahan menjadi 2 fase				
2023	3076	13,3	B	Baik
2024	3177	13,4	B	Baik
2025	3275	13,6	B	Baik
2026	3370	13,7	B	Baik
2027	3462	13,9	B	Baik
2028	3566	14,1	B	Baik

PEMBAHASAN

Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Berikut ini akan dilakukan pembahasan hasil analisis kinerja eksisting simpang Dieng menggunakan PKJI 2023 yang sudah tidak laik berdasarkan arus lalu lintas tertinggi terjadi pada hari Rabu, 11 Oktober 2023 saat jam puncak pagi hari pukul 06.30-07.30 WIB dan saat jam puncak siang hari pukul 12.30-13.30 WIB.

1. Derajat Kejenuhan

Berdasarkan PKJI 2023, apabila nilai derajat kejenuhan suatu simpang bersinyal $\leq 0,85$, kinerja simpang masih laik untuk digunakan, sebaliknya apabila $DJ > 0,85$, maka perlu dilakukan perbaikan kinerja atau perubahan desain. Hasil analisis kondisi eksisting simpang Dieng pada semua pendekat saat jam puncak pagi maupun jam puncak siang diperoleh nilai $DJ > 0,85$. Derajat kejenuhan tertinggi berapa pada pendekat selatan saat jam puncak pagi hari dengan nilai DJ 1,133. Penelitian yang dilakukan oleh Aditya (2018), pada simpang Dieng menggunakan MKJI 1997 menunjukkan bahwa derajat kejenuhan tertinggi berada pada pendekat utara dengan nilai DJ sebesar 1,48 dan untuk pendekat selatan nilai DJ sebesar 1,17.

Perbedaan hasil penelitian penulis dan penelitian sebelumnya disebabkan oleh waktu siklus yang berbeda. Pada penelitian penulis waktu siklus jam puncak pagi hari pada simpang Dieng sudah melebihi waktu siklus efektif maksimal untuk 4 fase sesuai ketentuan PKJI 2023, yaitu selama 130 detik. Waktu siklus eksisting pada simpang Dieng adalah 161 detik, dengan waktu hijau pendekat utara 22 detik, pendekat barat 40 detik, pendekat selatan 40 detik, pendekat timur 35 detik, serta waktu antar hijau pada masing-masing pendekat selama 6 detik. Waktu siklus tersebut menghasilkan arus lalu lintas terbesar pada pendekat selatan sebanyak 1022 SMP/jam yang tidak dapat dilayani oleh kapasitas sebesar 902 SMP/jam. Sementara pada penelitian Aditya (2018), waktu siklus eksisting 112 detik dengan waktu hijau pada pendekat utara 15 detik, pendekat timur 32 detik, pendekat selatan 21 detik, pendekat barat 24 detik, serta waktu antar hijau pada masing-masing pendekat selama 5 detik. Waktu siklus tersebut menghasilkan kapasitas pada pendekat utara sebesar 826 SMP/jam dan arus lalu lintas sebanyak 1034 SMP/jam, sedangkan untuk pendekat selatan mempunyai kapasitas 726 SMP/jam yang dan arus lalu lintas sebesar 846 SMP/jam.

2. Panjang Antrian

Hasil analisis kondisi eksisting simpang Dieng mendapatkan panjang antrian terpanjang berada pada pendekat selatan saat jam puncak pagi hari dengan panjang 435 meter. Penelitian oleh Aditya (2018) diperoleh panjang antrian terpanjang pada pendekat utara dengan panjang 537 meter dan 328 meter untuk pendekat selatan. Panjang antrian dipengaruhi oleh jumlah antrian maksimum ($NqMAX$) dan lebar masuk (LM). Semakin besar LM maka nilai PA akan semakin pendek. Pada penelitian penulis, perhitungan analisis kinerja kondisi eksisting diperoleh nilai $NqMAX$ pendekat selatan sebesar 135 dengan lebar masuk 6,2 meter menghasilkan nilai PA sepanjang 435 meter. Sementara pada penelitian Aditya (2018), nilai $NqMAX$ pada pendekat utara sebesar 233 dengan lebar masuk 8,7 meter menghasilkan nilai PA sepanjang 537 dan nilai $NqMAX$ pendekat selatan sebesar 123 dengan lebar masuk 7,5 meter menghasilkan nilai PA sepanjang 328 meter. Perbedaan hasil dari penelitian penulis dipengaruhi karena arus lalu lintas belok kiri jalan terus ($BKijT$) pada penelitian sebelumnya digabung analisisnya dengan arus lurus dan arus belok kanan, sehingga menyebabkan panjang antrian yang lebih panjang daripada penelitian penulis.

3. Tingkat Pelayanan (Level of Service/LOS)

Hasil analisis simpang Dieng kondisi eksisting menunjukkan nilai tundaan rata-rata simpang saat jam puncak pagi hari sebesar 187,9 det/SMP. Nilai tundaan termasuk dalam kategori tingkat pelayanan F (buruk sekali). Penelitian yang dilakukan oleh Aditya (2018) memperoleh nilai tundaan simpang rata-rata sebesar 440,43 det/SMP dan masuk dalam kategori tingkat pelayanan F (buruk sekali). Tundaan rata-rata simpang dipengaruhi oleh tundaan total pada setiap pendekat yang diperoleh dari tundaan lalu lintas (TLL) akibat dari interaksi arus lalu lintas dari arah berlawanan dan tundaan geometrik (TG) akibat adanya perlambatan dari arus kendaraan yang membelok pada simpang. Nilai TLL tertinggi pada penelitian penulis terjadi pada pendekat selatan sebesar 315,6 det/SMP dengan nilai TG sebesar -2,2 det/SMP (nilai TG negatif karena nilai $DJ > 1,00$) menghasilkan nilai tundaan total 313,4 det/SMP. Nilai tundaan total yang tinggi dipengaruhi oleh nilai DJ dan kapasitas (C) yang tinggi juga. Sementara penelitian Aditya (2018), nilai TLL tertinggi pada pendekat utara sebesar 887,6 det/SMP dengan nilai TG sebesar 18,7 det/SMP menghasilkan nilai tundaan total 906,2 det/SMP. Perbedaan nilai tundaan simpang rata-rata yang sangat jauh dengan penelitian penulis karena arus lalu lintas belok kiri jalan terus ($BKijT$) perhitungan analisisnya digabung dengan arus lurus dan arus belok kanan, sehingga nilai tundaan simpang rata-rata jauh lebih tinggi daripada penelitian penulis.

Alternatif Solusi Kinerja Simpang Dieng

Dilakukan analisis alternatif solusi untuk mencari dan meningkatkan kinerja simpang Dieng kondisi eksisting. Analisis dilakukan pada kondisi jam puncak pagi hari. Ada 4 alternatif solusi alternatif yang dilakukan.

1. Alternatif solusi 1

Alternatif solusi pertama dilakukan perubahan waktu sinyal, kinerja sinyal sedikit mengalami peningkatan dari nilai tundaan kondisi eksisting sebesar 187,9 det/SMP dengan tingkat pelayanan F menjadi

170,4 det/SMP dengan tingkat pelayanan masih kategori F. Penelitian Pratama (2023) pada simpang bersinyal Jl. Tanjung – Jl. Aryo Blitar – Jl. Bengawan Solo memiliki nilai tundaan eksisting sebesar 122,3 det/SMP dengan tingkat pelayanan dikategori F dan dilakukan perubahan waktu sinyal didapatkan nilai tundaan sebesar 80,82 det/SMP tetap termasuk dalam kategori F (sangat buruk). Penelitian penulis setelah dilakukan perubahan waktu sinyal masih tetap memiliki nilai $DJ > 0,85$ pada semua pendekat, sedangkan penelitian Pratama setelah dilakukan perubahan waktu sinyal memiliki nilai $DJ < 0,85$ pada semua pendekat.

2. Alternatif solusi 2

Alternatif solusi kedua dilakukan penambahan lebar pada masing-masing pendekat. Pada pendekat utara ditambah 0,5 meter, pendekat barat ditambah 1 meter, pendekat selatan ditambah 1 meter, dan pendekat timur ditambah 1 meter. Kinerja simpang mengalami peningkatan cukup signifikan dengan mendapatkan nilai tundaan rata-rata sebesar 64,1 det/SMP, dengan demikian kinerja simpang mengalami peningkatan tapi masih tergolong dalam kategori tingkat pelayanan E (buruk) dan nilai derajat kejenuhan pada setiap pendekat masih melebihi 0,85. Penelitian Supriyadi (2021), pada simpang tiga bersinyal Jl. Raya S. Supriyadi-Jl. Raya Janti Barat Kota Malang dengan melakukan perubahan fase dan pelebaran jalan sebesar 1 meter pada semua pendekat. Pada kondisi eksisting, tundaan rata-rata sebesar 234,35 det/SMP dan setelah dilakukan analisis alternatif solusi diperoleh nilai tundaan rata-rata sebesar 47,13 det/SMP, mengalami peningkatan kinerja simpang dari F menjadi E.

3. Alternatif solusi 3

Alternatif solusi ketiga dilakukan perubahan menjadi 3 fase dengan pelarangan belok kanan pada pendekat utara dan pendekat selatan. Hasil analisis alternatif ketiga mengalami peningkatan yang sangat signifikan jauh dengan mendapatkan nilai tundaan sebesar 32,9 det/SMP termasuk kategori C (sedang) dan nilai derajat kejenuhan pada setiap pendekat sudah $< 0,85$. Penelitian Pratama (2023) dengan melakukan perubahan dari 4 fase menjadi 3 fase tetapi tidak ada pelarangan belok kanan pada pendekat manapun sehingga mendapatkan nilai tundaan sebesar 36,56 det/SMP termasuk dalam kategori D (kurang) dan nilai derajat kejenuhan pada semua pendekat sudah $< 0,85$.

4. Alternatif solusi 4

Alternatif solusi keempat dilakukan perubahan menjadi 2 fase dengan pelarangan belok kanan pada semua pendekat. Waktu siklus berubah dari 161 detik menjadi 68 detik. Dari hasil perhitungan analisis ini didapatkan peningkatan yang sangat signifikan jauh dengan nilai tundaan sebesar 13,3 det/SMP termasuk kategori B (baik) dan nilai derajat kejenuhan pada setiap pendekat $< 0,85$. Penelitian Amal (2022) pada simpang bersinyal Jl. Panglima Sudirman – Jl. Urip Sumoharjo – Jl. Pattimura dengan melakukan perubahan menjadi 2 fase dan pelarangan belok kanan pada semua pendekat, serta waktu siklus mengalami sedikit perubahan dari 78 detik menjadi 75 detik, sehingga diperoleh nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 23,12 termasuk dalam kategori C (sedang) dan nilai derajat kejenuhan pada semua pendekat $< 0,85$.

Perkiraan Alternatif Solusi Kinerja Simpang 5 Tahun yang Akan Datang

Alternatif solusi yang akan dianalisis untuk perkiraan kinerja 5 tahun yang akan datang adalah alternatif solusi yang telah mencapai target minimal tingkat pelayanan C (sedang), yang memenuhi target tersebut adalah alternatif solusi 3 dan alternatif solusi 4. Pada perhitungan alternatif solusi ketiga didapat nilai tundaan rata-rata sebesar 32,9 det/SMP dengan tingkat pelayanan C (sedang) dan nilai DJ kurang dari 0,85 pada semua pendekat, serta diperoleh bahwa pada tahun kelima kinerja simpang mengalami penurunan tingkat pelayanan menjadi D (kurang) dengan total arus lalu lintas sebesar 3853 SMP/jam dan tundaan rata-rata sebesar 40,4 det/SMP. Sedangkan perhitungan alternatif solusi keempat mendapat nilai tundaan rata-rata 13,3 det/SMP dengan tingkat pelayanan B (baik) dan nilai $DJ < 0,85$ pada semua pendekat, serta diperoleh bahwa tingkat pelayanan kinerja simpang sampai 5 tahun yang akan datang dapat dipertahankan dengan total arus lalu lintas sebesar 3566 SMP/jam,

serta nilai tundaan rata-rata 14,1 det/SMP dengan tingkat pelayanan B (baik). Penelitian Hakimi (2023), menggunakan PKJI 2014 untuk menghitung kinerja simpang Cerme kondisi eksisting. Nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 21,2 det/SMP termasuk dalam kategori tingkat pelayanan C (sedang) dengan nilai DJ terbesar 1,04. Alternatif solusi terbaik diterapkan perubahan 2 fase dan penambahan lebar pendekat dengan mendapatkan nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 13,9 termasuk dalam kategori tingkat pelayanan B (baik). Analisis Kinerja simpang Cerme Gresik pada tahun 2024 hingga 2028 mengalami penurunan tingkat pelayanan dari kategori B menjadi D dengan nilai tundaan rata-rata sebesar 38,8 det/SMP dan nilai derajat kejenuhan sebesar 1,2, serta volume lalu lintas mencapai 3002 SMP/jam.

KESIMPULAN

1. Kinerja simpang pada analisis perhitungan kondisi eksisting didapatkan bahwa kinerja simpang sudah tidak laik. Arus lalu lintas tertinggi terjadi pada hari Rabu, 11 Oktober 2023 saat jam puncak pagi pukul 06.30-07.30 WIB sebesar 3806 SMP/jam dan saat jam puncak siang pukul 12.30-13.30 WIB sebesar 3200 SMP/jam, serta nilai tundaan rata-rata sebesar 187,9 det/SMP saat jam puncak pagi hari dan nilai tundaan rata-rata sebesar 85,7 det/SMP saat jam puncak siang hari, serta semua tingkat pelayanan F (sangat buruk).
2. Ada 4 alternatif solusi yang dianalisis, diperoleh bahwa ada 2 alternatif solusi yang mencapai target minimal tingkat pelayanan C (sedang). Alternatif solusi keempat adalah alternatif solusi paling baik yang dianalisis dengan diberlakukan perlarangan belok kanan pada semua pendekat dan melakukan perubahan menjadi 2 fase. Nilai tundaan rata-rata yang didapatkan sebesar 13,3 det/SMP dengan tingkat pelayanan B (baik), panjang antrian terpanjang mencapai 45 meter, serta derajat kejenuhan $< 0,85$ dengan nilai DJ tertinggi ada pada pendekat barat sebesar 0,515.
3. Analisis regresi tunggal digunakan untuk memperkirakan laju jumlah pertumbuhan tiap jenis kendaraan di kota Malang. Perkiraan alternatif solusi kinerja simpang untuk 5 tahun yang akan datang dilakukan pada 2 alternatif solusi yang mencapai target minimum tingkat pelayanan C (sedang). Perkiraan alternatif solusi ketiga pada tahun 2028 didapatkan mengalami penurunan kinerja dengan nilai tundaan rata-rata simpang sebesar 40,4 det/SMP dan tingkat pelayanan D (kurang). Sedangkan perkiraan alternatif solusi keempat pada tahun 2028 dapat mempertahankan kinerja dengan nilai tundaan rata-rata sebesar 14,1 det/SMP dan tingkat pelayanan B (baik).

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R. (2018). Perbandingan nilai EMP lapangan menggunakan metode time headway dengan EMP MKJI 1997 pada simpang bersinyal (Studi kasus: Simpang Dieng Kota Malang). Skripsi. Jember: Universitas Negeri Jember
- Amal, A., S. (2022). Evaluasi kinerja simpang empat bersinyal di Kota Malang. Jurnal ilmiah Universitas Batanghari Jambi. Jambi: Universitas Batanghari Jambi.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Jumlah penduduk menurut kelompok umur dan jenis kelamin di Kota Malang (Jiwa) 2010-2022. Malang: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik Kota Malang. (2019). Kota Malang dalam angka. Malang: BPS Kota Malang.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2023). Pedoman kapasitas jalan Indonesia. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hakimi, F. (2023). Evaluasi kinerja Simpang Cerme Dan Simpang Banjarsari yang berdekatan di Kabupaten Gresik. Jurnal Teknik Sipil S1 Institut Teknologi Nasional Malang. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Nindita, F. A. (2020). Analisis kinerja simpang bersinya menggunakan software vissim (Studi Kasus: Simpang Ngabean Yogyakarta). Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

- Pratama, A., S. (2022). Evaluasi kinerja simpang empat bersinyal pada persimpangan jalan Tanjung – Jalan Aryo Blitar – Jalan Bengawan Solo. *Journal of Science Nusantara* Volume 02 Nomor 04. Blitar: Universitas Nahdaltul Ulama Blitar.
- Putra, D., H. (2021). Evaluasi simpang tiga bersinyal Jalan MT. Haryono – Jalan Gajayana Kota Malang. Skripsi. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Rizani, M., F. (2022). Analisis kinerja lalu lintas simpang empat bersinyal (Studi Kasus Simpang Velodrome – Exit Tol Malang Kota). Skripsi. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Supriyadi, A. (2021). Evaluasi kinerja simpang tiga bersinyal pada Jalan Raya S. Supriadi – Jalan Raya Janti Barat Kota Malang. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sutrisno. (2018). *Metode Statistika*. Buku tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.

