

KONSEP PENERAPAN *AREA TRAFFIC CONTROL SYSTEM* (ATCS) UNTUK KABUPATEN KUBU RAYA

Sheva Naufal Zaki

Program Studi Magister Teknik Sipil
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141, Indonesia
shevanaufalz@gmail.com

Anastasia Caroline Sutandi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141, Indonesia
caroline@home.unpar.ac.id

Abstract

Developments in urban planning and infrastructure development are still ongoing and being improved, which makes it challenging to handle transportation problems optimally. The transportation problem currently being faced is traffic jams. This study proposes implementing an Area Traffic Control System (ATCS) to overcome transportation problems at signalized intersections in Kubu Raya Regency. ATCS was implemented at Simpang 4 Major Aliyang-Adi Sucipto and Simpang 4 Major Aliyang-Raya Kapur Village. The method used to analyze intersection performance is MKJI 1997. The survey was carried out at peak hours on Wednesday and Saturday. Based on the results of the analysis using PTV VISSIM Software after implementing ATCS at the Major Aliyang-Adi Sucipto Intersection 4, it had a delay of 11,80 seconds with LOS B, and the Major Aliyang-Raya Intersection, Kapur Village, had a delay of 127,35 seconds with LOS F.

Keywords: ATCS, Kubu Raya, MKJI 1997, Signalized Intersection.

Abstrak

Perkembangan dalam pembangunan tata kota maupun infrastruktur masih terus berlangsung dan ditingkatkan, hal ini menyebabkan penanganan permasalahan transportasi sulit berjalan optimal. Permasalahan transportasi yang sedang dihadapi adalah kemacetan lalu lintas. Tujuan dari studi ini adalah memberikan konsep penerapan *Area Traffic Control System* (ATCS) untuk mengatasi permasalahan transportasi pada simpang bersinyal di Kabupaten Kubu Raya. Konsep penerapan ATCS dilakukan pada Simpang 4 Major Aliyang-Adi Sucipto dan Simpang 4 Major Aliyang-Raya Desa Kapur. Metode yang digunakan untuk menganalisis kinerja simpang adalah MKJI 1997. Survei dilakukan pada jam puncak hari Rabu dan Sabtu. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Software PTV VISSIM* setelah penerapan ATCS pada Simpang 4 Major Aliyang-Adi Sucipto memiliki tundaan 11,80 detik dengan LOS B dan Simpang 4 Major Aliyang-Raya Desa Kapur memiliki tundaan 127,35 detik dengan LOS F.

Kata-kata kunci: ATCS, Kubu Raya, MKJI 1997, Simpang Bersinyal.

PENDAHULUAN

Kubu Raya adalah satu diantara Kabupaten di Provinsi Kalimantan Barat, Indonesia yang saat ini perkembangan dalam pembangunan tata kota maupun infrastruktur masih berlangsung dan terus ditingkatkan. Tercatat pada tahun 2018 Kabupaten Kubu Raya memiliki luas wilayah 6.985,24 Km² (Badan Pusat Statistik Kabupaten Kubu Raya, 2022). Permasalahan transportasi yang sedang dihadapi Kabupaten Kubu Raya seperti kemacetan lalu lintas, polusi udara dan suara, kecelakaan lalu lintas, dan tundaan.

Intelligent Transport System (ITS) merupakan suatu sistem informasi yang bertujuan untuk mengendalikan pergerakan barang dan orang, meningkatkan keamanan, manajemen kecelakaan, mengurangi kemacetan, sistem tanggap darurat, serta sistem pemeliharaan jalan (Jayanti, 2021). Tujuan dari sistem ini pada lalu lintas adalah untuk meningkatkan

kelancaran, mencegah atau mengurangi kecelakaan serta kerusakan, menjaga keselamatan, menjaga kelestarian lingkungan, mengurangi polusi kendaraan akibat antrian kendaraan di ruas dan simpang. Dengan meningkatnya waktu tempuh dan berkurangnya waktu antrian di persimpangan, diharapkan polusi kendaraan juga makin berkurang (Firmanda, 2019).

Tujuan studi ini adalah memberikan rekomendasi konsep penerapan *Area Traffic Control System* (ATCS) yang tepat untuk Kabupaten Kubu Raya dalam rangka mengatasi permasalahan transportasi di simpang-simpang terkait. Studi kasus dilakukan pada Simpang 4 Major Alianyang - Adi Sucipto dan Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) dalam bentuk *Fixed Time Traffic Signal*.

Simpang

Simpang merupakan simpul jaringan jalan tempat jalur kendaraan bertemu dan berpotongan. Ketika menilai kapasitas dan waktu tempuh suatu jaringan jalan, khususnya di wilayah perkotaan, simpang-simpang merupakan komponen yang paling penting (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2002).

Simpang adalah merupakan lokasi penting dalam jaringan jalan, adalah tempat bertemunya beberapa ruas jalan. Besarnya konflik arus lalu lintas pada suatu lokasi tertentu, yang timbul dari pertemuan beberapa arus lalu lintas di tempat tersebut dari arah pergerakan kendaraan yang berbeda, dapat digunakan untuk mengkarakterisasi kesulitan yang mungkin terjadi. (Gayo et al., 2017).

Simpang jalan adalah ruang publik di mana dua atau lebih jalan bersilangan, meliputi jalan raya dan fasilitas tepi jalan yang diperlukan untuk arus lalu lintas (Saputro et al., 2018).

Jenis Simpang

Menurut Morlok (1988), ada 2 (dua) kategori tipe simpang berdasarkan cara pengaturannya, yaitu :

- 1) *Signalized Intersection*, yaitu *intersection* yang menggunakan *Traffic Light*. Pengemudi boleh melewati saat lampu lalu lintas berwarna hijau pada lengan simpangnya.
- 2) *Unsignalized Intersection*, yaitu *intersection* yang tidak menggunakan *Traffic Light*. Pengemudi harus memperhitungkan kesempatan untuk melewati simpang atau harus berhenti terlebih dahulu sebelum dapat melewati simpang tersebut.

Kinerja Simpang Bersinyal

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), kinerja simpang bersinyal umumnya ialah:

- 1) Memberikan ruang bagi pejalan kaki atau kendaraan dari simpang (kecil) di atas/di atas jalan utama.
- 2) Mengurangi jumlah kecelakaan yang disebabkan oleh tabrakan antar kendaraan yang datang dari arah berlawanan.
- 3) Mencegah kemacetan yang disebabkan volume lalu lintas yang tinggi pada simpang, dengan memastikan bahwa kapasitas tertentu tetap terjaga bahkan selama kondisi lalu lintas jam sibuk.

Traffic Light

Menurut Hasfar & Adiwarsa (2018), cara pengoperasian *Traffic Light* terbagi menjadi 2 (dua) sebagai berikut:

- 1) *Fixed time traffic signal*, pengoperasian lampu lalu lintas didasarkan pada parameter waktu yang telah ditentukan dan tidak dapat diubah.
- 2) *Actuated traffic signal*, pengoperasian lampu lalu lintas dengan pengaturan waktu tertentu dan mengalami perubahan secara berkala dengan mengakomodasi kedatangan kendaraan dari berbagai lengan simpang.

Area Traffic Control System (ATCS)

ATCS merupakan sistem pengendalian simpang dengan sinyal lalu lintas terkoordinasi untuk meminimalkan atau mengurangi penundaan bagi pengemudi. Berdasarkan pedoman *Highway Capacity Manual* (2000), ATCS dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

- 1) Tidak Responsif. APILL dijalankan dalam pengaturan preset berdasarkan data survei tanpa adanya sinkronisasi dengan kecepatan lalu lintas aktual di simpang.
- 2) Semi Responsif. APILL dijalankan menggunakan detektor kendaraan dan melakukan sinkronisasi hanya bergantung pada lalu lintas nyata di simpang yang bersangkutan, tidak ada manajemen lalu lintas yang komprehensif dan terkoordinasi di seluruh wilayah.
- 3) *Fully Responsif*. APILL tersinkronisasi dengan server dan memiliki detektor yang melacak perubahan volume lalu lintas sehingga program *Traffic Light* dapat disesuaikan dengan kondisi di simpang.

PENGUMPULAN DATA

Data primer yang digunakan diambil pada Simpang 4 Major Alianyang - Adi Sucipto dan Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur, sebagai berikut:

- 1) LHR
- 2) Kondisi dan Karakteristik APILL eksisting
 - a) Terdapat *Traffic Light* yang redup dan error
 - b) Penerapan *Fixed Time Traffic Signal* pada kedua simpang
- 3) Geometrik Simpang
- 4) Parameter Lalu Lintas
 - a) *Number of Queue*
 - b) *Number of Stop*
 - c) *Queue Length*
 - d) *Throughput*

PERHITUNGAN MENGGUNAKAN FORMULIR SIG PADA MKJI 1997 KONDISI EKSTISTING

Formulir SIG I (Geometrik, Pengaturan Lalu Lintas, dan Kondisi Lingkungan)

SIG I pada Tabel 1 dan Tabel 2 menyajikan informasi ukuran Kabupaten Kubu Raya, simpang ini terletak pada daerah komersial (COM), data W_A , W_{Masuk} , W_{LTOR} , dan W_{Keluar} hambatan samping rendah, dengan dan tanpa median jalan.

Tabel 1 Formulir SIG-I Simpang 4 Major Alianyang - Adi Sucipto

Kode Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan (com/res/ra)	Hambatan Samping (Tinggi/Rendah)	Median (Ya/Tidak)	Belok Kiri Langsung (Ya/Tidak)	Kelandaian (+/- %)	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Lebar Pendekat (m)			
							Pendekat W_A	Masuk W_{Masuk}	Belok Kiri Langsung W_{LTOR}	Keluar W_{Keluar}
A1	COM	Rendah	Ya	0	Ya	0	18	6,5	4,5	7,5
A2	COM	Rendah	Tidak	0	Ya	0	11	5,5	4,5	5,5
A3	COM	Rendah	Tidak	0	Ya	0	13	7,5	4,5	6,5
A4	COM	Rendah	Tidak	0	Ya	0	11	5,5	4,5	5,5

Tabel 2 Formulir SIG-I Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur

Kode Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan (com/res/ra)	Hambatan Samping (Tinggi/Rendah)	Median (Ya/Tidak)	Belok Kiri Langsung (Ya/Tidak)	Kelandaian (+/- %)	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Lebar Pendekat (m)			
							Pendekat W_A	Masuk W_{Masuk}	Belok Kiri Langsung W_{LTOR}	Keluar W_{Keluar}
B1	COM	Rendah	Tidak	0	Ya	0	13	7	2	6,5
B2	COM	Rendah	Tidak	0	Ya	0	9	4,5	2	4,5
B3	COM	Rendah	Ya	0	Ya	0	25	6,5	2	7,0
B4	COM	Rendah	Tidak	0	Ya	0	8	4	2	4,0

Formulir SIG II (Kondisi Arus Lalu Lintas)

SIG II mengenai data kondisi arus lalu lintas Kabupaten Kubu Raya, dengan jenis kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV) dan motor (MC), untuk setiap belok kanan (RT), lurus (ST), belok kiri (LT), pada setiap pendekat disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Kendaraan tak bermotor (UM) diabaikan karena tidak terdapat pada Simpang 4 Major Alianyang - Adi Sucipto dan Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur.

Tabel 3 Formulir SIG-II Simpang 4 Major Alianyang - Adi Sucipto

Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)				
Kode Pendekat	Arah	Kendaraan Bermotor Total		
		kend/jam	smp/jam	
			Terlindung	Terlawan
A1	LTOR	641	176	293
	ST	1550	740	947
	RT	385	146	207
	TOTAL	2576	1061	1447

Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)				
Kode Pendekat	Arah	Kendaraan Bermotor Total		
		kend/jam	smp/jam	
			Terlindung	Terlawan
A2	LTOR	2853	733	1267
	ST	589	201	300
	RT	166	54	82
	TOTAL	3608	988	1648
A3	LTOR	641	176	293
	ST	1550	740	947
	RT	669	203	320
	TOTAL	2860	1118	1560
A4	LTOR	615	234	330
	ST	458	164	238
	RT	780	231	369
	TOTAL	1853	629	938

Tabel 4 Formulir SIG-II Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur

Arus Lalu Lintas Kendaraan Bermotor (MV)				
Kode Pendekat	Arah	Kendaraan Bermotor Total		
		kend/jam	smp/jam	
			Terlindung	Terlawan
B1	LTOR	1445	411	670
	ST	2414	820	1228
	RT	1324	472	686
	TOTAL	5183	1703	2584
B2	LTOR	165	48	77
	ST	544	151	249
	RT	698	312	409
	TOTAL	1407	511	735
B3	LTOR	56	28	35
	ST	1463	616	833
	RT	829	330	455
	TOTAL	2348	974	1323
B4	LTOR	405	121	193
	ST	699	235	352
	RT	358	143	197
	TOTAL	1462	499	742

Formulir SIG III (Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang)

SIG III mengenai waktu antar hijau dan waktu hilang (LTI) pada Simpang 4 Major Aliyang - Adi Sucipto dan Simpang 4 Major Aliyang – Raya Desa Kapur disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Formulir SIG-III Waktu Hilang (LTI)

Penentuan waktu merah semua	Waktu (detik)	Total
Fase 1 → Fase 2	2	8
Fase 2 → Fase 3	2	
Fase 3 → Fase 4	2	
Fase 4 → Fase 1	2	
Waktu kuning/fase	3	12
Waktu hilang total (LTI)= Merah semua total+waktu kuning (dtk / siklus)		20

Formulir SIG IV (Penentuan Waktu Sinyal dan Kapasitas)

SIG IV pada Tabel 6 dan Tabel 7 menyajikan hasil analisis penentuan waktu sinyal dan kapasitas dengan menggunakan distribusi arus lalu lintas yang diambil dari formulir SIG II. Pada simpang tinjauan semua pendekat adalah tipe terlindung (P).

Tabel 6 Formulir SIG-IV Simpang 4 Major Aliyang - Adi Sucipto

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Rasio Arus	Rasio Fase	Waktu Hijau det	Kapasitas smp/jam	Derajat Jenuh
	Q	FR	PR	g	C	DS
A1	886	0,220	0,251	67	1218	0,727
A1 Ltor	175	0,073	0,083			
A2	255	0,087	0,098	26	347	0,735
A2 Ltor	733	0,304	0,346			
A3	886	0,220	0,251	67	1218	0,727
A3 Ltor	175	0,073	0,083			
A4	395	0,134	0,152	41	547	0,721
A4 Ltor	234	0,097	0,110			
	$IFR = \sum FR_{CRIT}$	0,879				
Waktu siklus pra penyesuaian	289					
Waktu siklus disesuaikan	221					

Tabel 7 Formulir SIG-IV Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur

Kode Pendekat	Arus Lalu Lintas smp/jam	Rasio Arus	Rasio Fase	Waktu Hijau det	Kapasitas smp/jam	Derajat Jenuh
	Q	FR	PR	g	C	DS
B1	1292	0,344	0,337	-510	1331	0,971
B1 Ltor	411	0,383	0,375			
B2	463	0,192	0,188	-284	476	0,973
B2 Ltor	48	0,045	0,044			
B3	946	0,272	0,265	-402	974	0,971
B3 Ltor	28	0,026	0,026			
B4	378	0,176	0,172	-261	389	0,972
B4 Ltor	121	0,113	0,110			
	$IFR = \sum FR_{CRIT}$	1,023				
Waktu siklus pra penyesuaian	-1494,117					
Waktu siklus disesuaikan	-1437					

Formulir SIG V (Panjang Antrian, Jumlah Kendaraan Terhenti, dan Tundaan)

SIG V pada Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan perhitungan kinerja Simpang 4 Major Alianyang - Adi Sucipto dan Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur, yaitu panjang antrian, jumlah kendaraan henti dan tundaan.

Tabel 8 Formulir SIG-V Simpang 4 Major Alianyang - Adi Sucipto

Kode Pendekat	Tundaan			
	Tundaan Lalu Lintas rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
	DT	DG	DT + DG	D x Q
A1	71,290	4,103	75,394	66798,841
A2	103,191	4,724	107,915	27518,334
A3	71,290	4,103	75,394	66798,841
A4	89,811	2,473	92,284	36420,034
	Total			197536,049
	Tundaan Simpangan rata-rata			52,837

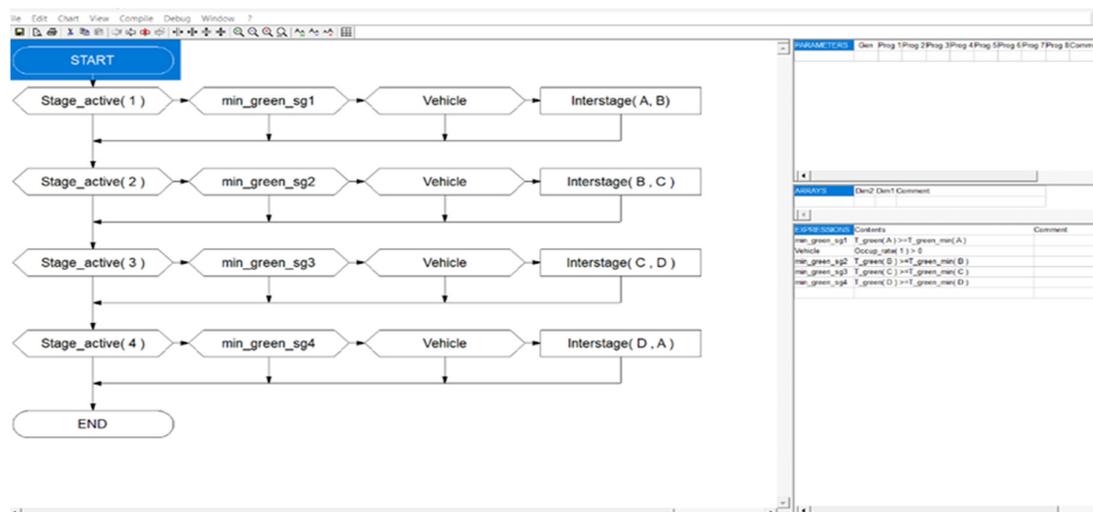
Tabel 9 Formulir SIG-V Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur

Kode Pendekat	Tundaan			
	Tundaan Lalu Lintas rata-rata det/smp	Tundaan Geometrik rata-rata det/smp	Tundaan rata-rata det/smp	Tundaan Total smp.det
	DT	DG	DT + DG	D x Q
B1	-427,864	3,243	-424,621	-548610,896
B2	-513,328	1,908	-511,420	-236787,645
B3	-475,977	2,700	-473,276	-447719,543
B4	-517,556	3,235	-514,321	-194413,444
Total				-1427531,528
Tundaan Simpangan rata-rata				-387,180

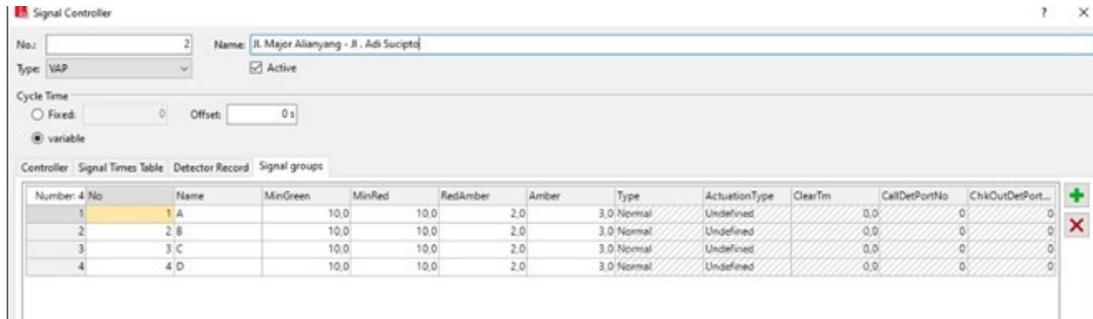
Dari analisis yang telah dilakukan menggunakan Formulir SIG I – Formulir SIG V pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa kinerja Simpang 4 Major Alianyang - Adi Sucipto dan Simpang 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur telah melebihi kondisi yang ditetapkan. Volume Lalu Lintas yang terlalu tinggi akibat pengalihan manajemen lalu lintas pada simpang serta jembatan Kapuas II, sehingga meningkatkan panjang antrian, derajat jenuh, dan tundaan.

KONSEP PENERAPAN ATCS

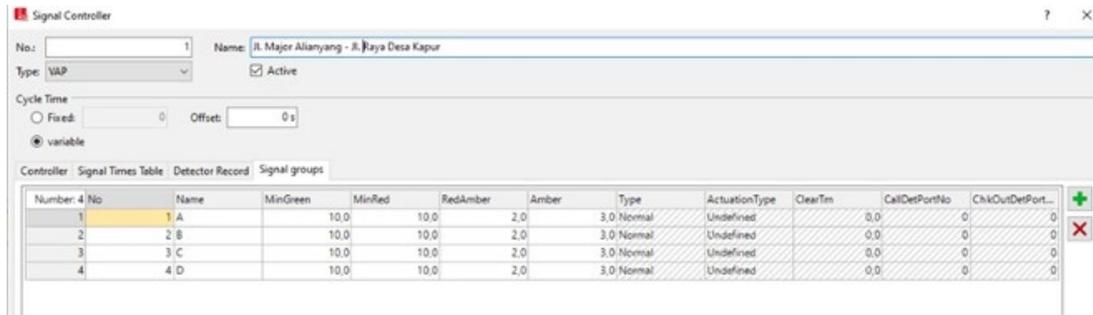
Pada studi ini, pemodelan penerapan *Area Traffic Control System* (ATCS) dengan *Software PTV VISSIM* dengan penyesuaian data manajemen pengalihan lalu lintas ke jembatan Kapuas I. Analisis pemodelan dilakukan hanya pada jam puncak (sore). Maka dirancang Command Area Traffic Control System (ATCS) pada Software PTV VISSIM dan konfigurasi pada Traffic Light seperti ditampilkan pada Gambar 1, 2, dan 3.



Gambar 1 Rancangan Command Area Traffic Control System (ATCS)



Gambar 2 Konfigurasi *Traffic Light* Pada Simping 4 Major Alianyang - Adi Sucipto



Gambar 3 Konfigurasi *Traffic Light* Pada Simping 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur

REKAPITULASI HASIL ANALISIS PENERAPAN KONSEP ATCS

Berdasarkan analisis yang dilakukan menggunakan *Software PTV VISSIM* pada Simping 4 Major Alianyang - Adi Sucipto dan Simping 4 Major Alianyang – Raya Desa Kapur setelah penerapan *Area Traffic Control System (ATCS)*, maka diperoleh rekapitulasi perbandingan kondisi eksisting dan setelah penerapan ATCS yang dirangkum pada Tabel 10.

Tabel 10 Rekapitulasi Perbandingan Berdasarkan Tundaan dan *Level of Service*

Simpang	Pendekat	Tundaan (detik)		<i>Level of Service (LOS)</i>	
		Eksisting	ATCS	Eksisting	ATCS
Major Alianyang - Adi Sucipto	A1	58,13	13,41	E	B
	A2	27,66	10,96	C	B
	A3	107,47	10,42	F	B
	A4	23,81	12,39	C	B
	Rata-Rata	54,27	11,80	E	B
Major Alianyang – Raya Desa Kapur	B1	301,66	237,79	F	F
	B2	57,56	57,77	E	E
	B3	194,07	151,64	F	F
	B4	62,33	62,19	E	E
	Rata-Rata	153,91	127,35	F	F

Dari hasil rekapitulasi perbandingan kondisi eksisting dan setelah penerapan ATCS dapat diperoleh evaluasi sebagai berikut:

- 1) Pada Simpang 4 Major Aliyang - Adi Sucipto menunjukkan perubahan tundaan yang signifikan, pada kondisi eksisting 54,27 detik berubah setelah penerapan konsep ATCS menjadi 11,80 detik.
- 2) Pada Simpang 4 Major Aliyang - Adi Sucipto menunjukkan perubahan *Level Of Service* (LOS) yang signifikan, pada kondisi eksisting LOS E berubah setelah penerapan konsep ATCS menjadi LOS B.
- 3) Pada Simpang 4 Major Aliyang – Raya Desa Kapur mengalami perubahan waktu tundaan, pada kondisi eksisting 153,91 detik berubah setelah penerapan konsep ATCS menjadi 127,35 detik.
- 4) Pada Simpang 4 Major Aliyang – Raya Desa Kapur tidak menunjukkan perubahan *Level Of Service* (LOS), pada kondisi eksisting LOS F dan setelah penerapan konsep ATCS LOS F. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi geometrik simpang dan kapasitas simpang yang tidak memadai.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, diperoleh kesimpulan berdasarkan hasil analisis pada kondisi eksisting menggunakan formulir SIG MKJI 1997 pada Simpang 4 Major Aliyang - Adi Sucipto dan Simpang 4 Major Aliyang – Raya Desa Kapur memiliki *LOS* F. Hal ini disebabkan karena volume lalu lintas yang melebihi kapasitas simpang sehingga pada formulir SIG menyatakan nilai $FR_{CRIT} > 0,8$. Sedangkan hasil analisis pada kondisi eksisting setelah dilakukan manajemen pengalihan lalu lintas ke Jembatan Kapuas I *Software PTV VISSIM* pada Simpang 4 Major Aliyang - Adi Sucipto memiliki waktu tundaan 54,27 detik dengan *LOS* E dan Simpang 4 Major Aliyang – Raya Desa Kapur memiliki waktu tundaan 153,91 detik dengan *LOS* F. Berdasarkan hasil analisis setelah dilakukan penerapan *Area Traffic Control System* (ATCS) menggunakan *Software PTV VISSIM* pada Simpang 4 Major Aliyang - Adi Sucipto memiliki waktu tundaan 11,80 detik dengan *LOS* B dan Simpang 4 Major Aliyang – Raya Desa Kapur memiliki waktu tundaan 127,35 detik dengan *LOS* F. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tundaan simpang bersinyal menjadi lebih kecil dengan adanya penerapan *Area Traffic Control System* (ATCS).

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Kabupaten Kubu Raya. 2022. *Luas Wilayah Kabupaten Kubu Raya 2016-2018*. (Online), (<https://kuburayakab.bps.go.id/indicator/12/83/1/luas-wilayah.html>), diakses 18 Oktober 2023).

Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta.

- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. 2002. *Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum di Wilayah Perkotaan dalam Trayek Tetap dan Teratur*. Jakarta.
- Firmanda, D. 2019. *Efektivitas Surabaya Intelligent Transport System untuk Meningkatkan Kualitas Pelayanan Dinas Perhubungan Kota Surabaya*. Skripsi. Surabaya: Program Studi Ilmu Administrasi Negara Universitas Airlangga.
- Gayo, M. N. D., Wesli, dan Zulfhazli A. 2017. *Proyeksi Kinerja Simbang Empat Bersinyal Terminal Lama Kota Takengon Sampai Tahun 2027*. Teras Jurnal, 7 (2): 253-262.
- Hasfar, M. dan Adiwarsa, J. 2018. *Perancangan Traffic Light Berbasis Mikrokontroller dan Triac*. Skripsi. Makassar: Program Studi Teknik Listrik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Jayanti, H. K. 2021. *Intelligent Transportation System*. (Online), (<https://medium.com/kastrathmsitb/intelligent-transportation-system-32905ca53e07>), diakses 18 Oktober 2023).
- Morlok, E. K. 1988. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Erlangga: Jakarta.
- National Research Council (U.S.). 2010. Highway Capacity Manual. Transportation Research Board: United States.
- Saputro, T. L., Putri, A. P., Suryaningsih, A., Putri, Z. S., dan Salahuddin, M. 2018. *Kajian Simbang Tiga Tak Bersinyal Kariangau Km. 5,5 Kelurahan Karang Joang Balikpapan Utara Menggunakan Permodelan Vissim Menjadi Simbang Bersinyal*. Jurnal Teknologi Terpadu, 6 (1): 36-43.