

Optimisasi Kinerja *Automatic Traffic Control System* (ATCS) di Simpang Dome Kota Balikpapan

Ichda Maulidya

Pusat Kebijakan Prasarana Transportasi dan Integrasi Moda, Badan Kebijakan Transportasi

Jl. Medan Merdeka Timur No. 5, Gambir, Jakarta Pusat, 10110, Indonesia

E-mail: ichda_maulidya@gmail.com

Diterima: 14 Juli 2021, disetujui: 29 November 2022, diterbitkan *online*: 30 Desember 2022

Abstrak

Pertumbuhan pengguna kendaraan bermotor dinilai tidak sebanding dengan penyediaan infrastruktur jalan di Kota Balikpapan. Untuk mengontrol kelancaran lalu lintas, Dinas Perhubungan Kota Balikpapan menerapkan *Automatic Traffic Control System* (ATCS) di sejumlah ruas jalan dan persimpangan yang memiliki kepadatan arus lalu lintas tinggi, salah satunya di Simpang Dome. Namun, keberadaan ATCS tersebut pun belum seluruhnya mampu meminimalisasi kemacetan, pelanggaran, maupun kecelakaan lalu lintas. Penelitian ini menganalisis strategi optimisasi kinerja ATCS di Simpang Dome Kota Balikpapan dengan menggunakan analisis Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) dan simulasi skenario kinerja lalu lintas menggunakan *software* Vissim. Dari hasil analisis dan simulasi diketahui bahwa antrean kendaraan maksimum di Simpang Dome pada jam puncak mencapai 62,06 meter dan tundaan rata-ratanya berkisar selama 33,51 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Oleh karena itu, strategi yang dilakukan untuk mengoptimisasi kinerja ATCS di Simpang Dome antara lain pengaturan *cycle time* (fase hijau) arah selatan, timur, dan barat dari 15, 30, dan 35 detik menjadi 20, 25, dan 20 detik serta diperlukan penerapan *yellow box junction* (YBJ) untuk mencegah penumpukan kendaraan di persimpangan. Di samping itu, perbaikan alinyemen vertikal, khususnya untuk Jalan Syarifuddin Yoes, juga perlu dilakukan agar seluruh volume kendaraan yang melewati jalan tersebut dapat tertampung serta dapat memenuhi tingkat pelayanan minimum B, di jalan arteri primer dengan persyaratan tundaan berkisar lebih dari 5-15 detik per kendaraan.

Kata kunci: kelancaran lalu lintas, optimisasi ATCS, Simpang Dome, tundaan.

Abstract

The Performance Optimization of Automatic Traffic Control System (ATCS) at Dome Intersection of Balikpapan City: The growth of motorized vehicle users is considered disproportionate to the provision of road infrastructure in Balikpapan City. To control traffic fluency, the Transportation Agency of Balikpapan City has implemented an Automatic Traffic Control System (ATCS) on a number of roads and intersections with high traffic density, one of which is at Dome Intersection. However, the existence of the ATCS was not entirely able to minimize congestion, violations, and traffic accidents. This research analyzed the performance optimization strategy of the Automatic Traffic Control System (ATCS) at Dome Intersection in Balikpapan City using the Indonesian Road Capacity Manual (MKJI) analysis and traffic performance scenario simulation using Vissim software. The analysis and simulation results show that maximum vehicles queue at Dome Intersection at peak hours reaches 62.06 meters and the average delay is around 33.51 seconds/pcu with a service level of D. Therefore, the strategy taken to optimize the performance of ATCS at Dome Intersection includes cycle time settings (green phase) of south, east, and west directions from 15, 30, and 35 seconds to 20, 25, and 20 seconds and the implementation of yellow box junction (YBJ) to prevent the accumulation of vehicles at the intersection. In addition, improvements to the vertical alignment especially for Jalan Syarifuddin Yoes, also need to be carried out so the the entire volume of vehicles passing through the road can be accumulated and the minimum service level B is fulfilled on primary arterial roads with delay requirements ranging from more than 5-15 seconds per vehicle.

Keywords: delay, Dome Intersection, optimization of ATCS, traffic fluency.

1. Pendahuluan

Sebagai salah satu ibukota provinsi di Indonesia, Balikpapan juga menghadapi permasalahan seperti halnya kota besar lainnya. Kemacetan di Kota Balikpapan menjadi masalah utama, namun kondisi infrastruktur jalan belum memadai. Kemacetan lalu lintas tersebut berdampak negatif terhadap beberapa aspek seperti ekonomi, lingkungan, dan kualitas kehidupan masyarakat [1]. Pertumbuhan pengguna kendaraan bermotor dinilai tidak sebanding dengan penyediaan infrastruktur jalan di kota tersebut.

Menurut Polres Balikpapan, pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor di kota tersebut sebanyak 2.500 unit (roda dua) dan 500 unit (roda empat) per tahun dalam lima tahun terakhir [2].

Hampir sebagian besar karakteristik wilayah di Kota Balikpapan merupakan perbukitan, sedangkan lainnya merupakan dataran sehingga terdapat banyak tanjakan, turunan, dan tikungan. Oleh karena itu, kejadian pelanggaran dan kecelakaan lalu lintas sering terjadi di kota tersebut. Kondisi jalan-jalan utama di Kota Balikpapan seperti Jalan MT Syarifudin

doi: <http://dx.doi.org/10.25104/warlit.v34i2.1804>

0852-1824/ 2580-1082 ©2022 Sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan Perhubungan.

Artikel ini *open access* dibawah lisensi CC BY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Nomor akreditasi: (RISTEKDIKT) 10/E/KPT/2019 (Sinta 2).

Yoes, merupakan daerah rawan kecelakaan dan pelanggaran sehingga membuat ketidaknyamanan bagi para pengendara yang melintas di ruas jalan tersebut [3]. Jalan MT Syarifudin Yoes merupakan jalan dengan arus lalu lintas sedang, memiliki beberapa tikungan tajam di sekitarnya, dan merupakan jalur ke arah Bandara SAMS Sepinggian. Di ruas jalan tersebut juga terdapat beberapa tanjakan dengan kelandaian yang tidak memenuhi syarat sehingga banyak angkutan barang yang tidak kuat menanjak, kurangnya rambu lalu lintas, marka jalan yang kurang jelas, tidak terdapat penerangan jalan, serta tidak adanya median jalan sebagai pembatas.

Untuk mengontrol kelancaran lalu lintas, Dinas Perhubungan Kota Balikpapan memasang *Automatic Traffic Control System* (ATCS). ATCS merupakan sistem pengendali lalu lintas dinamis *real time* yang dirancang secara efektif untuk merespon dengan cepat kondisi lalu lintas dinamis [4]. Tujuan dari ATCS adalah untuk memungkinkan pergerakan kendaraan secara terus-menerus dan meminimalkan penundaan di sebuah persimpangan [5]. ATCS dapat mengadaptasi *file* lalu lintas pada saat ini dan menanggapi perubahan arus lalu lintas sehingga diharapkan dapat lebih efektif dan efisien untuk persinyalan. Sinyal lalu lintas bekerja pada waktu siklus yang telah ditentukan, di setiap arah memiliki fase berwarna merah, kuning, dan hijau [6]. Waktu siklus tersebut dapat diprogram untuk berubah atau juga dapat diubah secara manual untuk memenuhi kebutuhan periode puncak [7]. Proses pengambilan keputusan ATCS telah dirancang sebelumnya untuk menyesuaikan dengan prioritas yang telah ditentukan atas parameter lalu lintas [8]. Algoritma ATCS terdiri dari tiga komponen, meliputi deteksi kendaraan, penentuan urutan lampu hijau, dan penentuan waktu lampu tersebut [9]. ATCS terkoneksi langsung dengan alat pengatur instrumen lalu lintas (APILL) di persimpangan jalan [10]. Selain itu, Dinas Perhubungan (Dishub) juga mengaktifkan seluruh persimpangan dengan pemasangan *closed circuit television* (CCTV) guna memantau arus lalu lintas. CCTV tersebut juga akan membantu pihak kepolisian untuk menindak para pelanggar lalu lintas, baik secara langsung (penilangan) maupun tidak langsung.

Tantangan utama yang dihadapi ATCS adalah pengurangan kemacetan dan emisi, serta peningkatan keselamatan lalu lintas [11]. Operasi yang efisien dan perawatan yang memadai untuk sistem sinyal sangat penting agar dapat berjalan efektif [12]. Namun, beberapa area simpang yang telah terkoneksi dengan ATCS pun masih sering terjadi kemacetan, pelanggaran, maupun kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimisasi kinerja ATCS tersebut guna mengurangi tingkat kemacetan serta diharapkan akan menjadi

rekomendasi mengenai perbaikan kualitas pelayanan lalu lintas.

2. Metodologi

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Simpang Dome, Kota Balikpapan. Simpang tersebut terletak di pertemuan antara Jalan Ruhui Rahayu (arah barat), Jalan Ruhui Rahayu (arah timur), Jalan Syarifudin Yoes (arah utara), dan Jalan Syarifuddin Yoes (arah selatan) Kota Balikpapan dengan koordinat $1^{\circ}14'36''S116^{\circ}53'24''E$. Pelaksanaan peninjauan lapangan penelitian ini dilaksanakan pada Hari Jumat dan Minggu dari jam 6.00 – 8.00 WITA yang merupakan waktu memulai aktivitas seperti sekolah, bekerja, berbelanja ke pasar, dan lain-lain serta jam 16.00 – 18.00 WITA yang merupakan waktu pulang kerja dan liburan. Waktu pengamatan tersebut ditentukan berdasarkan hari puncak dan periode jam puncak dengan asumsi bahwa waktu tersebut dapat merepresentasikan kondisi lalu lintas terpadat.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Data dukung, baik primer maupun sekunder, dalam penelitian ini dihimpun melalui peninjauan lapangan serta studi literatur. Data yang dikumpulkan meliputi volume, geometri, operasi sinyal, dan kinerja waktu yang lama [13].

2.2.1 Data Primer

Data primer diperoleh melalui survei *Classified Turning Movement Counting* (CTMC) meliputi jumlah kendaraan sesuai arah membelok (belok kanan, lurus, dan belok kiri) di Simpang Dome pada jam sibuk pagi dan sore, survei kecepatan sesaat, survei jumlah pejalan kaki, dan panjang antrean.

2.2.2 Data Sekunder

Beberapa data yang diperlukan meliputi data kinerja lalu lintas, peta jaringan jalan di wilayah studi, data geometrik jalan dan simpang di wilayah studi, data inventarisasi jalan, data inventarisasi simpang, data rambu, dan marka di persimpangan.

2.3 Pengolahan Data

2.3.1 Analisis Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

Analisis arus lalu lintas pada saat jam padat (pagi dan sore hari) pada penelitian ini meliputi volume, kapasitas, waktu siklus, dan lain-lain dilakukan berdasarkan persamaan dalam MKJI [14]. Formula-formula yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

a. Arus Jenuh

Arus jenuh (*saturation flow*) merupakan arus keberangkatan tertinggi yang didapatkan dari satu

lengan persimpangan selama interval fase hijau tertentu (smp/waktu hijau). Hal ini juga merupakan fungsi dari lebar efektif lengan persimpangan [15]:

$$Arus\ Jenuh\ (S) = S_0 \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times FRT \times FLT \quad (1)$$

Di mana: S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

FCS = Faktor ukuran kota

FSF = Faktor hambatan samping

FG = Faktor kelandaian

FP = Faktor parkir

FRT = Faktor belok kanan

FLT = Faktor belok kiri

b. Faktor Belok Kanan (FRT)

Formula untuk menghitung faktor koreksi terhadap arus belok kanan pada pendekat adalah:

$$FR = 1 + PRT \times 0,26 \quad (2)$$

Di mana: PRT = rasio arus belok kanan pada pendekat

c. Faktor Belok Kiri (FLT)

Arus belok kiri dihitung dengan formula:

$$FLT = 1 - PLT \times 0,16 \quad (3)$$

Di mana: PLT = rasio arus belok kiri pada pendekat

d. Rasio Arus

Rasio Arus (FR) adalah perbandingan arus lalu lintas terhadap arus jenuh setiap pendekat. Formula untuk menghitung rasio tersebut adalah:

$$FR = Q/S \quad (4)$$

Di mana: Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

Nilai kritis FR_{crit} (maksimum) dari rasio arus dihitung sebagai rasio arus pada persimpangan dengan total rasio arus kritis tersebut:

$$IFR = (FR_{crit}) \quad (5)$$

Dari kedua nilai tersebut, maka diperoleh rasio fase PR (*Phase Ratio*) untuk tipe fase yaitu:

$$PR = FR_{crit} / IFR \quad (6)$$

e. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Persimpangan

Kapasitas simpang dihitung dari keseluruhan arus lalu lintas yang masuk dari seluruh lengan per satuan waktu. Kapasitas simpang ditentukan dengan rumus:

$$C = Sx \frac{c}{g} \quad (7)$$

Kinerja lalu lintas simpang dapat diukur dengan derajat kejenuhan/DS [16]. DS merupakan rasio antara arus lalu lintas terhadap kapasitas. DS tersebut dihitung dengan menggunakan formula:

$$DS = \frac{Q}{c} \quad (8)$$

Di mana: C = Kapasitas (smp/jam)

g = Waktu hijau (detik)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

c = Panjang siklus (detik)

f. Tundaan

Di dalam MKJI, tundaan merupakan hambatan waktu yang dialami oleh kendaraan pada saat melewati suatu simpang. Tundaan pada persimpangan terdiri dari tundaan lalu lintas (DT) akibat pengaruh kendaraan lain serta tundaan geometrik (DG) yang disebabkan perlambatan dan percepatan untuk melewati fasilitas (seperti akibat lengkung horizontal pada persimpangan) yang dihitung menggunakan rumus:

$$DJ = DTj + DGj \quad (9)$$

Di mana: DJ = Tundaan rata-rata pendekat j

(detik/smp)

DTj = Tundaan lalu lintas rata-rata

pendekat j (detik/smp)

DGj = Tundaan geometrik rata-rata

pendekat

g. Angka Henti (NS)

Angka henti (NS) yaitu rata-rata jumlah berhenti setiap kendaraan sebelum melewati suatu simpang (termasuk berhenti berulang dalam antrian), yang dihitung dengan formula:

$$NS = 0,9 \cdot \frac{NQ}{N.c} \cdot 3600 \quad (10)$$

Di mana: c = Waktu siklus (detik)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti (Nsv):

$$Nsv = Q \cdot NS \text{ (smp/jam)} \quad (11)$$

Laju henti untuk seluruh simpang:

$$NS_{Total} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{Total}} \quad (12)$$

h. Hambatan Samping

Di dalam MKJI, hambatan samping merupakan hubungan antara arus lalu lintas dan aktivitas di samping ruas jalan yang menyebabkan pengurangan arus jenuh di dalam pendekat. Hambatan samping pejalan kaki berbobot 0,5; kendaraan umum/kendaraan lain berhenti berbobot 1,0; kendaraan masuk/keluar sisi jalan berbobot 0,7; dan kendaraan lambat berbobot 0,4. Penentuan kelas hambatan samping (SFC) dapat dilihat pada Tabel 1.

Faktor koreksi kapasitas akibat gangguan samping dan bahu jalan (FCSf) terlihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kelas hambatan samping

Kelas Hambatan Samping (SFC)	Jumlah Berbobot Kejadian	Kondisi Khusus
Sangat rendah	<100	Daerah pemukiman jalan samping tersedia
Rendah	100-299	Daerah pemukiman beberapa angkutan umum dsb.
Sedang	300-499	Daerah industri beberapa titik di sisi jalan
Tinggi	500-899	Daerah komersil aktivitas sisi jalan tinggi
Sangat Tinggi	>900	Daerah komersil dengan aktivitas pada jalanan sisi

Sumber: [14]

i. Waktu Siklus

Waktu siklus adalah interval dari waktu hijau pertama sampai waktu hijau berikutnya. Waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua) untuk pengendalian waktu tetap diukur dengan formula:

$$Cua = (1,5 \times Lti + 5) / (1 - Ifr) \quad (13)$$

Di mana: Cua = panjang siklus (detik)

Lti = jumlah waktu yang hilang setiap siklus (detik)

Ifr = rasio arus perbandingan dari arus terhadap arus jenuh (Q/S)

Frcrit = nilai tertinggi rasio arus dari pendekat yang terhenti pada suatu fase

Ifrcrit = rasio arus simpang = jumlah frcrit dari seluruh fase pada simpang

Waktu siklus yang diperoleh, kemudian disesuaikan dengan waktu siklus yang direkomendasikan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaturan waktu siklus

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (Detik)
2 Fase	40 – 80 Detik
3 Fase	50 – 100 Detik
4 Fase	80 – 130 Detik

Sumber: [14]

Tabel 4. Kriteria tingkat pelayanan simpang

Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
≥5	A
> 5,0 dan ≥ 15,0	B
> 15,0 dan ≥ 25,0	C
> 25,0 dan ≥ 40,0	D
> 40,0 dan ≥ 60,0	E
> 60,0	F

Sumber: [14]

j. Tingkat Pelayanan Persimpangan

Tingkat pelayanan simpang merupakan suatu ukuran yang menjelaskan arus lalu lintas (dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kenyamanan, dan keselamatan). Terdapat enam tingkat pelayanan dalam MKJI, di mana A merupakan tingkat pelayanan terbaik, sedangkan F adalah tingkat pelayanan terburuk seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

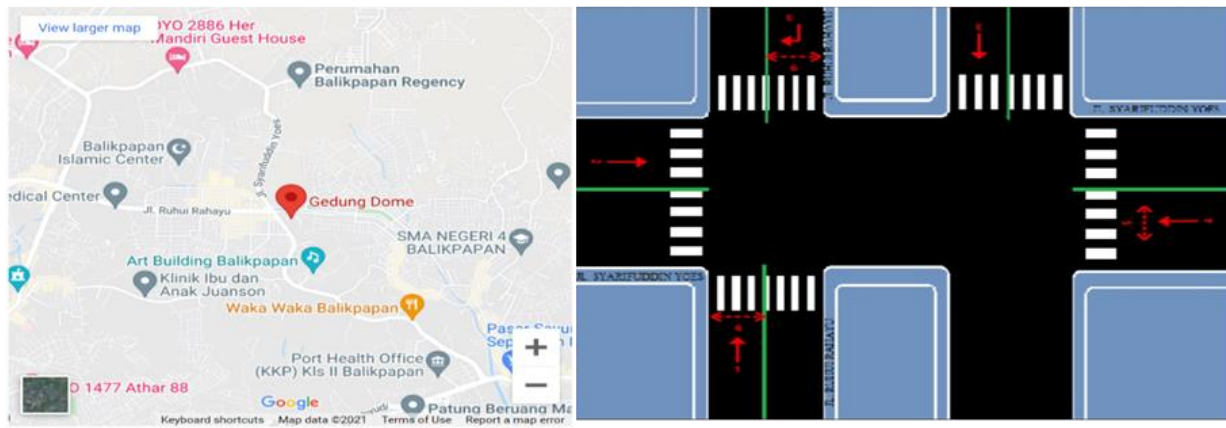
2.3.2 Software Vissim

Program Vissim digunakan untuk memodelkan kondisi lalu lintas, simulasi pergerakan lalu lintas, dan menganalisis kinerja lalu lintas pada jaringan jalan, baik ruas maupun simpang. Hal ini sangat berguna untuk mengevaluasi skenario manajemen lalu lintas yang berbeda untuk memilih alternatif terbaik dan langkah-langkah optimisasi sebelum implementasi [17]. Pengembangan model yang dibutuhkan meliputi pembuatan jalan, pemilihan

Tabel 2. Faktor koreksi kapasitas akibat gangguan samping untuk jalan yang mempunyai bahu jalan

Tipe Jalan	Kelas Gangguan Samping	Faktor Koreksi Kapasitas			
		<0,5	1	1,5	>2,0
4 Jalur 2 Arah Berpembatas Median (4/2 D)	Sangat Rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,94	0,96	0,98	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,95	0,98
	Tinggi	0,86	0,89	0,92	0,95
	Sangat Tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
	Sangat Tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
4 Jalur 2 Arah Tanpa Pembatas Median (4/2 UD)	Sangat Rendah	0,95	0,97	0,99	1,01
	Rendah	0,93	0,95	0,97	1,00
	Sedang	0,90	0,92	0,95	0,97
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,93
	Sangat Tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
	Sangat Tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
2 Jalur 2 Arah Tanpa Pembatas Median (2/2 UD)	Sangat Rendah	0,93	0,95	0,97	0,99
	Rendah	0,90	0,92	0,95	0,97
	Sedang	0,86	0,88	0,91	0,94
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat Tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82
	Sangat Tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber: [14]



Sumber: Hasil analisis, 2018

Gambar 1. Simpang Dome Kota Balikpapan

rute, penentuan jumlah kendaraan, dan komposisinya, serta alokasi kontrol lampu hijau setiap *link* [18]. Waktu tempuh, kecepatan perjalanan, dan panjang antrean dijadikan sebagai parameter untuk melakukan evaluasi terhadap kondisi lalu lintas saat ini dan ke depannya [19].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Geometrik Simpang Dome

Simpang Dome merupakan simpang yang memiliki empat (4) lengan yang berada di antara Jalan Ruhui Rahayu dan Syarifuddin Yoes. Di Jalan Syarifuddin Yoes dekat Simpang Dome terdapat tanjakan yang merupakan salah satu titik rawan kecelakaan di kota tersebut [20]. Sketsa Simpang Dome selengkapnya terlihat pada Gambar 1.

Adapun kondisi geometrik Simpang Dome dapat dilihat pada Tabel 5.

Tipe lingkungan jalan di sekitar Simpang Dome merupakan area komersial dengan hambatan samping bernilai rendah karena arus lalu lintas di area yang masuk dan keluar tidak berkurang dengan adanya hambatan samping tersebut. Selain itu, tidak terdapat median dan kendaraan yang melintas di keempat pendekatnya, kendaraan diperbolehkan untuk belok kiri langsung.

3.2 Lalu Lintas Harian Rata-Rata di Simpang Dome

Karakteristik arus lalu lintas yang diamati adalah volume kendaraan yang melintas pada ruas Jalan Syarifuddin Yoes dan Ruhui Rahayu Kota Balikpapan. Dalam hal ini, lalu lintas harian rata-rata (LHRT) diperkirakan menggunakan data dari survei kalkulasi lalu lintas selama beberapa hari serta dikombinasikan dengan hasil perhitungan dari video rekaman kamera CCTV pada Simpang Dome. Berikut hasil survei *Classified Turning Movement Counting* (CTMC) di Simpang Dome pada jam padat, yaitu jam 6.00 – 8.00 dan 16.00 – 18.00 WITA.

Tabel 6 menjelaskan bahwa volume kendaraan yang melintas terbanyak berasal dari arah selatan Simpang Dome dengan total kendaraan mencapai 1.817 kendaraan/jam. Jumlah tersebut didominasi oleh sepeda motor, sedangkan paling sedikit berasal dari arah utara Simpang Dome dengan jumlah kendaraan melintas sebanyak 1.168 kendaraan/jam.

3.3 Pola Pengaturan Waktu *Automatic Traffic Control System* (ATCS) pada Simpang Dome Kota Balikpapan

Sistem ATCS Kota Balikpapan yang telah terkoneksi di setiap persimpangan memiliki pola pengaturan siklus lampu lalu lintas (*cycle time*)/*plan*. *Plan* tersebut dapat diatur sesuai tingkat kepadatan lalu lintas di setiap simpang sehingga pengaturan

Tabel 5. Kondisi geometrik Simpang Dome

Kode Pendekat	Tipe lingkungan jalan (com/res/ra)	Hambatan Samping (Tinggi/Rendah)	Median Ya/Tdk	Kelandaian +/- %	Belok kiri langsung Ya/Tidak	Lebar Pendekat (m)			
						Pendekat W_A	Masuk W_{ENTRY}	Belok kiri lgs. W_{LOR}	Keluar W_{EXIT}
Utara	Com	Rendah	Tidak	1	Ya	9,00	6,00	3,00	6,00
Selatan	Com	Rendah	Tidak	1	Ya	9,00	6,00	3,00	6,00
Timur	Com	Rendah	Tidak	1	Ya	11,50	6,00	6,500	6,00
Barat	Com	Rendah	Tidak	1	Ya	12,50	16,00	3,00	16,00

Sumber: Hasil survei, 2018



Sumber: [21]

Gambar 2. Kondisi lalu lintas pada jam puncak pagi hari di Simpang Dome Kota Balikpapan

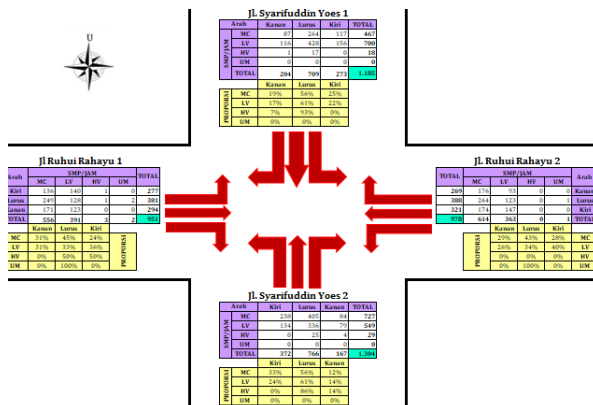
siklus lampu lalu lintas dalam satu hari memiliki perbedaan waktu antara pagi, siang, dan sore hari serta antara *weekday* dan *weekend*. Pada umumnya, pengaturan durasi lampu lalu lintas, baik merah, kuning, maupun hijau pada satu simpang tidak akan sama dengan simpang lainnya. Namun, penelitian ini hanya mengoptimisasi *cycle time* pada saat jam puncak pagi.

Apabila pada saat lampu hijau *traffic light* menyala, namun masih terjadi penumpukan kendaraan di persimpangan, maka dapat dilakukan perubahan waktu nyala fase hijau sesuai panjang antrean di ruas jalan yang mengalami penumpukan kendaraan.

Tabel 6. Hasil survei CTMC di Simpang Dome (KORPRI) Kota Balikpapan

Kode Pendekat	Arah	Kendaraan Ringan (LV) emp terlindung = 1		Kendaraan Berat (HV) emp terlindung = 1,3		Sepeda Motor (MC) emp terlindung = 0,2		Kendaraan Bermotor Total (MV)	
		kend/jam	smp/jam	kend/jam	smp/jam	kend/jam	smp/jam	kend/jam	smp/jam
Utara	LTOR	156	156	0	0	292	117	448	273
	ST	428	428	13	17	659	264	1.100	709
	RT	116	116	1	1	217	87	334	204
	Total	700	700	14	18	1.168	467	1.882	1.185
Selatan	LTOR	134	134	0	0	595	238	729	372
	ST	336	336	19	25	1.013	405	1.368	766
	RT	79	79	3	4	209	84	291	167
	Total	549	549	22	29	1.817	727	2.388	1.304
Timur	LTOR	147	147	0	0	436	174	583	321
	ST	123	123	0	0	660	264	783	387
	RT	93	93	0	0	440	176	533	269
	Total	363	363	0	0	1.536	614	1.899	977
Barat	LTOR	140	140	1	1	339	136	480	277
	ST	128	128	1	1	623	249	752	379
	RT	123	123	0	0	427	171	550	294
	Total	391	391	2	3	1.389	556	1.782	949

Sumber: Hasil survei, 2018



Sumber: Hasil survei, 2018

Gambar 3. Jalanan Simpang Dome Kota Balikpapan

3.4 Perilaku Lalu Lintas di Simpang Dome

3.4.1 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) merupakan perbandingan volume (Q) terhadap kapasitas (C). Hasil perhitungan DS terdiri dari < 1 , 1 , atau > 1 . Pada umumnya, jika kriteria desain $DS \leq 0,85$, maka desain simpang dapat terpenuhi. Namun, jika $DS > 0,85$, maka nilai arus lalu lintas jam desain di atas nilai C desain. Hal tersebut terjadi karena tipe simpang eksisting tidak mencukupi sehingga perlu dilakukan desain/perhitungan ulang. Hasil perhitungan derajat kejenuhan Simpang Dome selengkapnya terlihat pada Tabel 8.

Nilai DS Jalan Syarifuddin Yoes diketahui sebesar $> 0,85$. Hal ini menandakan bahwa simpang tersebut berada di atas ambang jenuh sehingga akan menyebabkan antrean panjang terutama pada situasi lalu lintas puncak. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penambahan kapasitas simpang melalui salah satu dari opsi berikut, yaitu peningkatan lebar pendekat, modifikasi fase sinyal, atau peniadaan gerakan belok kanan. Selain itu, DS tersebut juga memenuhi salah satu persyaratan dari penerapan *yellow box junction* (YBJ) sehingga persimpangan Jalan Syarifuddin Yoes layak untuk dipasang *yellow box junction*.

3.4.2 Antrean

Panjang antrean merupakan jumlah kendaraan yang antre pada suatu pendekat, yang dihitung dari fase hijau sebelumnya ditambah dengan jumlah

Tabel 7. Plan fase simpang dome (KORPRI) eksisting

Fase	Merah	Hijau	All Red	Kuning
1	97	30	7	2
2	112	15	7	2
3	93	35	7	2
4	107	20	7	2

Sumber: [18]

antrean pada saat fase merah. Perhitungan panjang antrean diperlukan untuk mengevaluasi ketersediaan ruang yang mampu menampung kendaraan antre sehingga tidak menghalangi mobilisasi kendaraan-kendaraan pada simpang yang bersinggungan. Dalam hal ini, panjang antrean (NQ) dihitung dengan formula sebagai berikut: $NQ = NQ1 + NQ2$

Di mana: $NQ1$ = jumlah antrean smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (14)$$

$NQ2$ = jumlah antrean smp yang datang selama fase merah

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (15)$$

Hasil perhitungan panjang antrean selengkapnya terlihat pada Tabel 9.

Panjang antrean (QL) pada Tabel 9 merupakan hasil perkalian antara jumlah kendaraan yang antre dengan luas rata-rata yang digunakan per smp (20 m^2) sebelum melewati simpang, kemudian dibagi dengan lebar masuk. Antrean kendaraan maksimum pada jam puncak diketahui hingga mencapai $62,06 \text{ m}$. Jumlah kendaraan rata-rata terhenti sebesar $1,27 \text{ smp/jam}$.

3.4.3 Tundaan

Tundaan dapat terjadi karena lalu lintas (DT) maupun geometrik (DG). DT merupakan tundaan yang disebabkan oleh hubungan antara kendaraan dalam arus lalu lintas, yang dibedakan antara DT dari seluruh simpang, dari jalan mayor saja, atau jalan minor saja. DG adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti. Nilai DT dan DG selanjutnya dijumlahkan

Tabel 8. Derajat kejenuhan Simpang Dome

No	Lengan Simpang	Status Jalan	Pendekat	Arus/Q (smp/jam)	Kapasitas/C (smp/jam)	Derajat Kejenuhan/DS = (Q/C)
1	Jl. Syarifuddin Yoes	Nasional	Utara	1.185	1.929	0,61
2	Jl. Syarifuddin Yoes	Nasional	Selatan	1.304	1.447	0,90
3	Jl. Ruhui Rahayu	Kota	Timur	977	1.567	0,62
4	Jl. Ruhui Rahayu	Kota	Barat	949	1.425	0,67

Sumber: Hasil analisis, 2018

Tabel 9. Panjang Antrean dan Jumlah Kendaraan Terhenti di Simpang Dome

No	Lengan Simpang	Pendekat	Jumlah Kendaraan Antre/NQ (smp)	Panjang Antrean/QL (m)	Angka Henti/NS (stop/smp)	Jumlah Kendaraan Terhenti /Nsv (smp/jam)
1	Jl. Syarifuddin Yoes	Utara	22,09	49,09	1,21	1.431
2	Jl. Syarifuddin Yoes	Selatan	27,93	62,06	1,39	1.810
3	Jl. Ruhui Rahayu	Timur	18,31	32,56	1,21	1.187
4	Jl. Ruhui Rahayu	Barat	17,96	37,81	1,23	1.164
Total kendaraan henti (smp/jam)						5.591
Kendaraan rata-rata stop/smp						1,27

Sumber: Hasil analisis, 2018

Tabel 10. Tundaan total di Simpang Dome

No	Lengan Simpang	Pendekat	Arus Lalu Lintas/Q (smp/jam)	Tundaan Lalu Lintas Rata-rata/DT (detik/smp)	Tundaan Geometrik Rata-rata/DG (detik/smp)	Tundaan Rata-rata/D = DT + DG (detik/smp)	Tundaan Total/D x Q (smp/detik)
1	Jl. Syarifuddin Yoes	Utara	1.185	25,20	5,00	30,20	35.793,75
2	Jl. Syarifuddin Yoes	Selatan	1.304	34,35	5,00	39,35	51.334,36
3	Jl. Ruhui Rahayu	Timur	977	25,47	3,03	28,50	27.851,73
4	Jl. Ruhui Rahayu	Barat	949	25,93	5,00	30,93	29.354,43
Tundaan Simpang Dome Rata-rata (detik/smp)							33,51

Karena nilai tundaan > 25-40 detik/kendaraan, maka tingkat pelayanannya termasuk dalam kategori D

Sumber: Hasil analisis, 2018

Tabel 11. Optimisasi *cycle time* di Simpang Dome menggunakan *software* vissim

Urutan	Fase Simpang Dome - Sebelum					Fase Simpang Dome - Sesudah				
	Hijau	Kuning	Merah	Cycle	Offset	Hijau	Kuning	Merah	Cycle	Offset
Utara	20	2	7	136	3	20	2	7	126	3
Selatan	15	2	7			25	2	7		
Timur	30	2	7			20	2	7		
Barat	35	2	7			25	2	7		

Sumber: Hasil analisis, 2018

untuk memperoleh nilai tundaan rata-rata (D). Tundaan rata-rata/D (det/smp) merupakan perbandingan arus/kapasitas simpang bersinyal. Tundaan rata-rata berfungsi sebagai indikator tingkat pelayanan dari setiap pendekat, demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan. Hasil perhitungan tundaan di Simpang Dome selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10.

Dari hasil analisis tersebut diperoleh nilai tundaan rata-rata di Simpang Dome sebesar 33,51 detik/smp. Nilai tersebut termasuk dalam tingkat pelayanan D pada persimpangan. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan optimisasi kinerja ATCS di Simpang Dome agar nilai tundaan rata-rata di simpang tersebut memenuhi tingkat pelayanan pada persimpangan minimum B dengan tundaan di jalan

arteri primer, yaitu lebih dari 5 – 15 detik per kendaraan [22].

3.4.4 Strategi Optimisasi Kinerja Automatic Traffic Control System (ATCS) di Simpang Dome

Kinerja simpang yang telah terpasang ATCS di Simpang Dome Kota Balikpapan dapat dioptimisasi melalui simulasi kinerja lalu lintas yang meliputi manajemen siklus lampu lalu lintas (*cycle time*) menggunakan *software* Vissim sehingga mampu mengurai kepadatan kendaraan yang terjadi di persimpangan. Tingkat pelayanan pada persimpangan di jalan arteri primer ditentukan sekurang-kurangnya B sehingga perlu dilakukan pengendalian lalu lintas di Simpang Dome dengan perubahan fase sinyal seperti pada Tabel 11.

Selain itu, *yellow box junction* (YBJ) yang berfungsi untuk mencegah penumpukan kendaraan di persimpangan perlu diterapkan. YBJ merupakan marka jalan prioritas berbentuk segiempat berwarna kuning. Jika masih terdapat kendaraan dari jalur lain berada dalam YBJ, maka kendaraan lain dilarang melintasi marka kotak kuning tersebut, walaupun jalurnya sudah mendapat lampu hijau. Para pengguna jalan dapat meneruskan perjalanan jika YBJ telah kosong dan masuk ke fase hijau. Di samping itu, perbaikan alinyemen vertikal, khususnya untuk Jalan Syarifuddin Yoes, juga perlu dilakukan agar seluruh volume kendaraan yang melewati jalan tersebut dapat tertampung serta dapat memenuhi tingkat pelayanan minimum B di jalan arteri primer dengan persyaratan tundaan berkisar lebih dari 5-15 detik per kendaraan.

4. Kesimpulan

Kondisi eksisting Simpang Dome antara lain memiliki antrean maksimum pada jam puncak hingga mencapai 62,06 meter. Rata-rata tundaan di Simpang Dome adalah selama 33,51 detik/smp sehingga tingkat pelayanannya tergolong dalam kategori D. Rata-rata jumlah kendaraan stop/smp adalah sebesar 1,27/smp. Oleh karena itu, upaya yang dilakukan untuk mengoptimisasi kinerja ATCS di Simpang Dome Kota Balikpapan meliputi pengaturan siklus pergantian *cycle time* (fase hijau) arah selatan, timur, dan barat dari 15, 30, dan 35 detik menjadi 20, 25, dan 20 detik sesuai hasil simulasi dengan *software* Vissim sehingga mampu mengurai kepadatan kendaraan yang terjadi. Selain itu, *yellow box junction* (YBJ) perlu diterapkan untuk menghindari penumpukan kendaraan di persimpangan sehingga kepadatan arus lalu lintas di persimpangan tidak tertahan. Agar terpenuhi tingkat pelayanan minimum B di jalan arteri primer, maka persyaratan tundaan harus berkisar lebih dari 5-15 detik per kendaraan, serta perlu dilakukan perbaikan alinyemen vertikal di Jalan Syarifuddin Yoes agar seluruh volume kendaraan yang melewati jalan tersebut dapat tertampung.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap terciptanya optimisasi kinerja jaringan jalan dan persimpangan melalui koordinasi pengaturan lampu lalu lintas serta dapat dijadikan sebagai acuan bagi para pemangku kebijakan guna mewujudkan sistem lalu lintas yang aman, selamat, terintegrasi, dan berwawasan lingkungan di Kota Balikpapan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Puslitbang Transportasi Jalan dan Perkeretaapian yang telah mendanai penelitian ini pada Tahun Anggaran 2018, Dinas Perhubungan Kota Balikpapan

yang membantu menyediakan data dan informasi pendukung penelitian ini, dan Tim Penelitian atas kekompakan dan kerjasamanya.

Daftar Pustaka

- [1] B. Fernando, E. Gray, and J. Kellner, "A Review of Current Traffic Congestion Management in the City of Sydney For Infrastructure Australia," 2013. [Online]. Available: https://www.infrastructureaustralia.gov.au/sites/default/files/2019-06/current_traffic_congestion_managementn_sydney.pdf
- [2] S. G. Wibisono, "Upaya kota Balikpapan agar bebas macet," *Beritagar*, 2018. <https://beritagar.id/index.php/artikel/berita/upaya-kota-balikpapan-agar-bebas-macet>
- [3] M. Fachri, "Inilah Kawasan Rawan Pelanggaran, Macet, dan Kecelakaan di Kota Balikpapan; Cermati Anatominya," *TribunKaltim.co*, 2018.
- [4] T. V. Mathew, "Lecture Notes in Transportation Systems Engineering," Bombay, 2019. [Online]. Available: https://www.civil.iitb.ac.in/tvm/nptel/577_ATC_A/web/web.html
- [5] A. Magfirona, N. Hidayati, I. Setiyaningsih, and G. Slamet, "The Delays for Signalized Intersection Using ATCS Data and Field Survey Method at Kerten-Intersection of Surakarta," *Procedia Eng.*, vol. 125, pp. 526–533, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.11.055.
- [6] K. Dubey, "Adaptive Traffic Control System: The Smart and Imperative Traffic Monitoring System for India," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 12, pp. 210–218, Dec. 2019, doi: 10.22214/ijraset.2019.12035.
- [7] R. S. Parmar and B. H. Trivedi, "Modulating Traffic Signal Phases to Realize Real-Time Traffic Control System," *J. Transp. Technol.*, vol. 07, no. 01, pp. 26–35, 2017, doi: 10.4236/jtts.2017.71002.
- [8] M. M. Ata, M. El-Dariby, M. Abd Elnaby, and S. A. Napoleon, "Towards computer vision-based approach for an adaptive traffic control system," *Imaging Sci. J.*, vol. 66, no. 7, pp. 419–432, Oct. 2018, doi: 10.1080/13682199.2018.1498624.
- [9] A. H. Ahmed and L. Z. Fragonara, "Adaptive Intelligent Traffic Control Systems For Improving Traffic Quality And Congestion In Smart Cities," *Int. J. Qual. Res.*, vol. 15, no. 1, pp. 139–154, Jan. 2021, doi: 10.24874/IJQR15.01-08.
- [10] P. Burin, "14 ATCS Terpasang di Persimpangan Jalan," *Tribun news*, 2011. <https://www.tribunnews.com/regional/2011/08/24/14-atcs-terpasang-di-persimpangan-jalan>
- [11] N. Agerholm, A. V. Olesen, and M. Jensen, "Adaptive Traffic Control System in a middle-size city Effects on traffic flows," in *9th ITS European Congress, Dublin, Ireland*, 2013, pp. 1–12. [Online]. Available: https://vbn.aau.dk/ws/files/198292078/Adaptive_Traffic_Control_Systems_in_a_medium_sized_city_effects.pdf

- [12] S. Matsuoka, "Traffic management project in Phnom Penh," *IATSS Res.*, vol. 42, no. 4, pp. 180–189, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.iatssr.2018.12.001.
- [13] M. Mirza, "Performance Predication Model for Advance Traffic Control System (ATCS) using field dataSystem (ATCS) using field dat," University of Central Florida, 2018. [Online]. Available: <https://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6778&context=etd>
- [14] Kementerian Pekerjaan Umum, "Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)," Jakarta, 1997.
- [15] O. Z. Tamin, *Perencanaan, pemodelan, dan rekayasa transportasi: Teori, contoh soal, dan aplikasi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2008.
- [16] D. Ansusanto and S. Tanggu, "Kinerja Simpang Derajat Dengan Tingkat Kejenuhan Tinggi," *Din. Rekayasa*, vol. 12, no. 2, p. 79, Aug. 2016, doi: 10.20884/1.dr.2016.12.2.157.
- [17] D. Lin, X. Yang, and C. Gao, "VISSIM-based Simulation Analysis on Road Network of CBD in Beijing, China," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 96, pp. 461–472, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.08.054.
- [18] S. A. Ramadhan, E. Joelianto, and H. Y. Sutarto, "Simulation of Traffic Control Using Vissim-COM Interface," *Internetworking Indones. J.*, vol. 11, no. 1, 2019, [Online]. Available: http://www.internetworkingindonesia.org/Issues/Vol11-No1-2019/iiij_vol11_no1_2019_ramadhan.pdf
- [19] E. W. Utomo, F. Ramadhan, and A. Imran, "VISSIM Simulation-Based Analysis for Improving Traffic Conditions in Bandung Indonesia," *Int. J. Simul. Syst. Sci. Technol.*, Dec. 2020, doi: 10.5013/IJSSST.a.21.03.05.
- [20] Direktorat Lalu Lintas PoldaKaltim, "Rawan Maut, Minim Tindak Lanjut," *Balikpapan Metropolis*, 2019. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Dewi-Sartika-10/publication/333678545_Perlambatan_Ekonomi_dan_Pengembangan_Kompetensi_ASN_Kaltim_Post_Edisi_20190425/links/5cfff112f92851c874c5d8f6d/Perlambatan-Ekonomi-dan-Pengembangan-Kompetensi-ASN-Kaltim-Post-Edisi-20190425.pdf
- [21] Dinas Perhubungan Kota Balikpapan, "Traffic Management Center," 2018. <http://tmckotabalikpapan.id/>
- [22] Kementerian Perhubungan, "Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas," Jakarta, 2015. [Online]. Available: https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/permen/2015/PM_96_Tahun_2015.pdf