

ANALISIS SIMPANG TAK BERSINYAL DENGAN BUNDRAN (STUDI KASUS: BUNDRAN TUGU TOLOLIU TOMOHON)

Virgina Victoria Datu

Audie L. E. Rumayar, Lucia I. R. Lefrandt

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: virginadatu@yahoo.com

ABSTRAK

Volume lalu lintas di Kota Tomohon mengalami peningkatan karena pertumbuhan transportasi di kota ini cukup pesat seiring bertambahnya jumlah penduduk, serta peningkatan di sektor perekonomian dan pariwisata. Bundaran Tugu Tololiu Tomohon memiliki tiga lengan dan merupakan kawasan komersil karena adanya pertokoan, restoran, dan adanya lebih dari 5 sekolah di sekitarnya yang menyebabkan volume lalu lintas cukup padat terutama pada jam puncak (peak hour).

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kinerja simpang tak bersinyal dengan bundaran, serta melakukan analisis kapasitas simpang melalui simulasi dengan data forecasting.

Metode penelitian yang digunakan adalah observasi dan pengambilan data langsung dari lapangan. Data primer diperoleh dari pengamatan di lapangan, sedang data sekunder diperoleh dari instansi terkait. Analisis data dilakukan mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Data lalu lintas diperoleh dari hasil pencacahan jumlah kendaraan yang dilakukan selama 4 hari (9, 10, 12, dan 14 Maret 2018) pada jam 06.00 – 21.00 dan disajikan dalam bentuk tabel data arus lalu lintas. Data dianalisis menggunakan formulir RWEAV-I dan formulir RWEAV-II.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kinerja bundaran Tugu Tololiu pada kondisi eksisting masih cukup baik dengan nilai Derajat Kejenuhan (DS) = 0,464. Pada jam puncak, nilai kapasitas untuk jalanan BC = 2856,96 smp/jam, kapasitas jalanan CD = 2333,86 smp/jam, dan kapasitas jalanan DB = 3538,34 smp/jam. Simulasi menggunakan data forecasting pada tahun 2027 memberikan hasil DS = 0,907. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja bundaran menurun karena nilai DS sudah lebih dari 0,75. Hasil analisis juga menunjukkan adanya tundaan sebesar 18,36 det/smp serta terjadi peluang antrian sebesar 27% - 59%. Dilakukan upaya untuk memperbaiki kinerja simpang di tahun 2027 dengan 2 alternatif. Hasil analisis untuk simulasi alternatif 1 adalah (DS) = 0,896 dan hasil analisis untuk simulasi alternatif 2 adalah (DS) = 0,841. Hasil tersebut berarti bahwa simulasi alternatif 1 dan simulasi alternatif 2 belum berhasil untuk memperbaiki kinerja bundaran karena nilai DS masih berada diatas 0,75, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui alternatif yang paling tepat agar bundaran Tugu Tololiu Tomohon pada tahun tersebut boleh layak dalam melayani arus lalu lintas.

Kata kunci: kinerja simpang, bundaran, derajat kejenuhan, kapasitas jalanan, MKJI 1997.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertumbuhan perekonomian di provinsi Sulawesi Utara meningkat cukup pesat disebabkan oleh dibangunnya berbagai infrastruktur oleh pemerintah. Salah satunya adalah infrastruktur jalan yang merupakan prasarana penting yang berpengaruh langsung pada perkembangan perekonomian. Namun, pembangunan yang kurang merata dan terpusat sering kali menyebabkan perkembangan dominan hanya terjadi di ibukota provinsi.

Kota Tomohon merupakan salah satu kota di provinsi Sulawesi Utara dengan jumlah penduduk 101.981 berdasarkan data dari Badan

Pusat Statistik Kota Tomohon. Kota ini terletak diantara beberapa kota/kabupaten di provinsi Sulawesi Utara sehingga bisa menjadi penghubung pergerakan antar kota, yaitu Manado – Minahasa dan Manado – Minahasa Selatan yang menyebabkan jalan dalam kota Tomohon melayani pergerakan lalu lintas antar kota tersebut.

Pertumbuhan transportasi di kota ini terbilang cukup pesat seiring bertambahnya jumlah penduduk, peningkatan di sektor perekonomian dan pariwisata, meningkatnya lapangan pekerjaan yang juga menyebabkan peningkatan kesempatan kerja dan tingkat pendapatan masyarakat. Hal tersebut berpotensi menimbulkan masalah kemacetan lalu lintas.

Seiring bertambahnya kebutuhan terhadap sarana transportasi, maka kebutuhan prasarana transportasi yang nyaman dan aman pun meningkat.

Meningkatnya kebutuhan akan jasa transportasi tidak diimbangi dengan peningkatan sarana dan prasarana transportasi yang memadai, sehingga arus pergerakan yang terjadi tidak terlaksana secara optimal, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Hal tersebut terbukti dengan adanya masalah terhadap pergerakan lalu lintas. Salah satunya yaitu masalah kemacetan pada jalan-jalan tertentu terutama pada jam puncak (*peak hour*). Hal ini disebabkan karena jalan-jalan yang ada tidak lagi mampu menampung arus lalu lintas yang ada serta manajemen lalu lintas yang kurang tepat dan efisien.

Salah satu bagian jalan yang sering kali menjadi titik kemacetan adalah persimpangan. Oleh sebab itu, seringkali dilakukan manajemen rekayasa lalu lintas dengan pemasangan bundaran. Bundaran (*roundabout*) merupakan salah satu jenis pengendalian persimpangan yang umumnya dipergunakan pada daerah perkotaan dan luar kota sebagai titik pertemuan antara beberapa ruas jalan dengan tingkat arus lalu lintas relatif lebih rendah dibandingkan jenis persimpangan bersinyal maupun persimpangan tidak bersinyal.

Bundaran Tugu Tololiu setiap hari dilewati berbagai jenis kendaraan seperti mikrolet, mobil, sepeda motor, delman, dan sebagainya. Berbagai jenis kendaraan yang lewat mengakibatkan kesemrawutan di jalan yang menyebabkan terjadinya antrian dan tundaan (*delay*), terutama pada saat jam sibuk. Selain itu, daerah di sekitar bundaran Tugu Tololiu merupakan daerah pertokoan dan restoran. Bundaran ini juga memiliki 3 lengan yang masing-masing lengan menghubungkan daerah yang vital di Sulawesi Utara, yaitu Manado, Tondano, dan Minahasa Selatan. Hal-hal tersebut menyebabkan penelitian di bundaran Tugu Tololiu Tomohon perlu dilakukan.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimanakah kondisi lalu lintas pada jalinan bundaran diukur dengan Derajat Kejenuhan (DS). Apabila angka derajat kejenuhan (DS) sudah berada di atas 0,75 atau sama dengan 0,75, maka sudah terjadi gangguan pada arus lalu lintas di bundaran tersebut karena sudah terjadi peluang antrian dan tundaan.

Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Kondisi arus lalu lintas diambil selama 15 jam yaitu pukul 06.00 – 21.00.
- Metode yang digunakan adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.
- Perhitungan untuk simulasi hanya pada arus lalu lintas dan tidak menghitung struktur dan biaya.
- Perhitungan dengan data *forecasting* untuk simulasi hanya dibatasi hingga tahun ke sembilan sesudah penelitian kondisi eksisting dilakukan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan di Bundaran Tugu Tololiu Tomohon adalah menganalisis kinerja pada simpang menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 serta melakukan analisis kapasitas simpang, yaitu melakukan simulasi perhitungan dengan menggunakan data *forecasting*.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- Memberikan rekomendasi untuk penanganan pada persimpangan tak bersinyal dengan bundaran Tugu Tololiu Tomohon.
- Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk mengoptimalkan kinerja bundaran Tugu Tololiu melalui perencanaan di tahun-tahun yang akan datang.
- Memberikan masukan kepada instansi terkait tentang kinerja lalu lintas yang terjadi di bundaran Tugu Tololiu Tomohon.
- Sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan masalah persimpangan tak bersinyal dengan bundaran.

LANDASAN TEORI

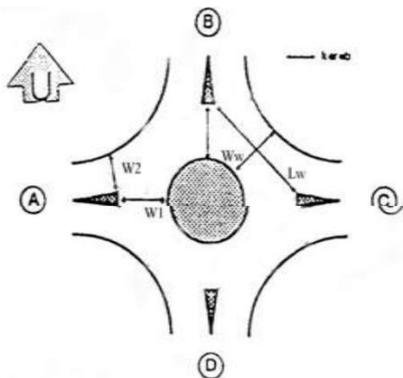
Definisi dan Konsep Dasar Bundaran

Menurut Pedoman Perencanaan Bundaran untuk Persimpangan Sebidang (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah), bundaran adalah persimpangan yang dilengkapi lajur melingkar dan mempunyai desain spesifikasi dan dilengkapi perlengkapan lalu lintas. Bundaran juga dapat diartikan sebagai persimpangan yang terdiri dari sebuah lingkaran pusat yang

dikelilingi oleh jalan satu arah (Khisty dan Lall, 2005).

Kondisi Geometrik

Kondisi geometrik digambarkan dalam bentuk gambar sketsa yang memberikan informasi lebar jalan, batas sisi jalan, dan lebar median serta petunjuk arah untuk tiap lengan persimpangan.



Gambar 1. Sketsa Masukan Geometrik (Sumber: MKJI 1997)

Keterangan:

- W₁ = Lebar pendekat 1 yang akan masuk ke jalinan
- W₂ = Lebar pendekat 2 yang akan masuk ke jalinan
- L_w = Panjang jalinan
- W_w = Lebar jalinan
- W_E = Lebar rata-rata pendekat untuk masing-masing jalinan

Kondisi Lalu Lintas

Data lalu lintas dibagi dalam beberapa tipe kendaraan, yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), sepeda motor (MC), dan kendaraan tak bermotor (UM). Arus lalu lintas tiap pendekat dibagi dalam tipe pergerakan, antara lain: gerakan belok kanan (RT), gerakan belok kiri (LT), dan gerakan lurus (ST).

Ukuran Kinerja Bundaran Menurut MKJI 1997

Ukuran kinerja dapat diperkirakan untuk kondisi geometrik, lingkungan, dan lalu lintas tertentu dengan metode yang diuraikan.

Kapasitas

Kapasitas dasar (C₀) tergantung dari lebar jalinan (W_w), rasio rata-rata / lebar jalinan (W_w/L_w), rasio menjalin (P_w), dan rasio Panjang /lebar jalinan (W_w/L_w), yang dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C_0 = 135 \times W_w^{1.3} \times (1 + W_E/W_w)^{1.5} \times (1 - P_w/3)^{0.5} \times (1 + W_w/L_w)^{-1.8} \dots (1)$$

$$= \text{Faktor } W_w \times \text{Faktor } W_E/W_w \times \text{Faktor } P_w \times \text{Faktor } W_w/L_w \dots (2)$$

Kapasitas total bagian jalinan adalah hasil hasil perkalian antara kapasitas dasar (C₀) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan sesungguhnya terhadap kapasitas. Adapun model kapasitas adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times F_{CS} \times F_{RSU} \dots (3)$$

Derajat Kejenuhan

Menurut MKJI 1997, derajat kejenuhan bagian jalinan bundaran dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$DS = \frac{Q_{smp}}{C} \dots (4)$$

$$Q_{smp} = Q_{kendaraan} \times F_{smp} \dots (5)$$

$$F_{smp} = \frac{LV\% + (HV\% \times emp_{HV}) + (MC\% \times emp_{MC})}{100} \dots (6)$$

Jika nilai derajat kejenuhan yang didapatkan pada perhitungan lebih besar dari 0,75 (DS > 0,75), maka bundaran tersebut dapat dikategorikan jenuh.

Tundaan

Tundaan lalu lintas bundaran (DT_R) adalah tundaan rata-rata per kendaraan yang masuk ke dalam bundaran yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$DT_R = \frac{\sum(Q_i \times DT_i)}{Q_{masuk}} + DG; i = 1 \dots n \dots (7)$$

Tundaan bundaran (D_R) adalah tundaan lalu lintas rata-rata per kendaraan masuk bundaran dan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$D_R = DT_R + 4 \dots (8)$$

Peluang Antrian

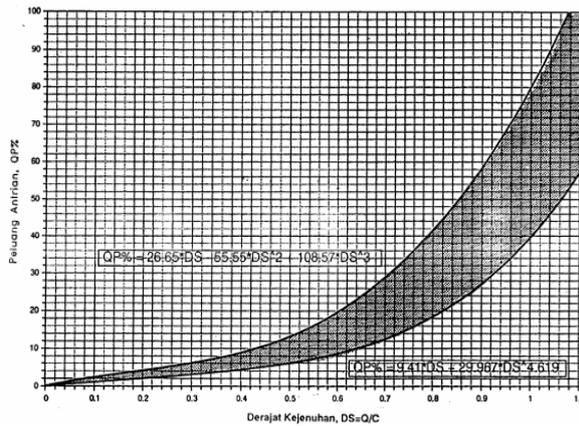
Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, peluang antrian dihitung dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan (Gambar 2) yang dapat dihitung menggunakan rumus:

Batas atas

$$QP = 26,65 \times DS - 55,55 \times DS^2 + 108,7 \times DS^3 \dots (9)$$

Batas bawah

$$QP = 9,41 \times DS + 29,967 \times DS^{4,619} \dots (10)$$



Gambar 2. Grafik Peluang Antrian dan Derajat Kejenuhan
(Sumber: MKJI 1997)

Sehingga peluang antrian bundaran dapat ditentukan dari nilai:

$$QP_R\% = \text{maks. dari } (QP_i\%) ; i = n \dots (11)$$

Traffic Circle dan Roundabout

Traffic circle tidak sama dengan *roundabout*. *Traffic circles* memiliki kecepatan masuk yang tinggi, pengemudi dapat melakukan pergantian lajur di bundaran, serta memiliki kapasitas yang relatif rendah. Selain itu, kendaraan yang sudah lebih dahulu berada di bundaran terkadang harus mengalah dari kendaraan yang akan memasuki bundaran.

Sedangkan *roundabouts* adalah sebaliknya. Kendaraan yang akan memasuki bundaran harus mengalah dan mendahulukan kendaraan yang sudah lebih dahulu berada di bundaran. Pada *roundabouts* juga tidak diizinkan untuk melakukan pergantian lajur. Selain itu, *roundabouts* memiliki kapasitas yang tinggi, kecepatan yang rendah, dan tingkat kecelakaan yang kecil.

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Kinerja bundaran dalam penelitian ini dianalisis dengan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Simpang Tugu Tololiu akan dianalisis berdasar-kan parameter kinerja jalinan bundaran.

Penyusunan Formulir Penelitian

Berdasarkan MKJI 1997, pencatatan data masukan yang berkaitan dengan geometri dan arus lalu lintas untuk bagian jalinan bundaran

paling baik dilakukan dengan formulir RWEAV-I dan RWEAV-II. Sketsa geometri bagian jalinan digambarkan pada bagian kotak termasuk semua ukuran yang diperlukan seperti lebar pendekat, panjang jalinan, dan sebagainya.

Gambar yang mencatat semua gerakan lalu lintas dan arus dibuat pada kotak disebelahnya. Bagian bawah formulir RWEAV-I memungkinkan peneliti untuk menghitung parameter arus lalu lintas yang diperlukan untuk analisa yang dikerjakan dengan bantuan formulir RWEAV-II.

Lokasi dan Waktu Survey

Lokasi penelitian adalah bundaran Tugu Tololiu yang terletak di pertemuan Jalan Raya Tomohon, Jalan Sam Ratulangi, dan Jalan Babe Palar. Bundaran ini memiliki 3 pendekat dengan tipe jalan 2/2 TT untuk setiap pendekatnya. Untuk waktu penelitian dilakukan selama 4 hari yang dimulai pada pukul 06.00 sampai pukul 21.00.

Pengumpulan Data

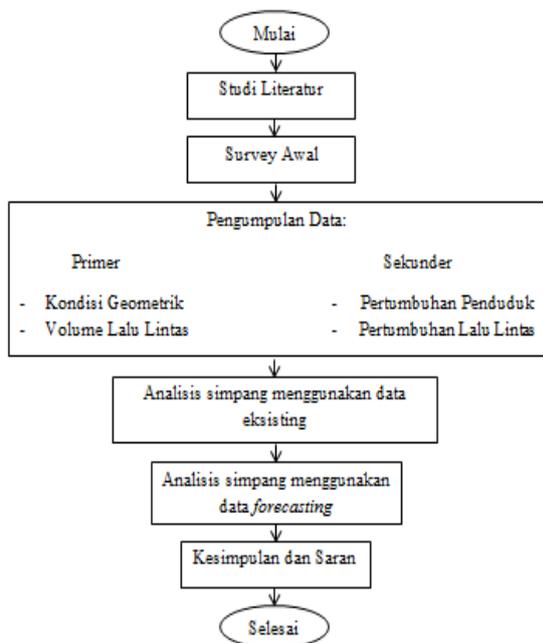
Data yang diperlukan berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan adalah kondisi geometrik bundaran dan volume lalu lintas. Sedangkan data sekunder yang dikumpulkan adalah data statistik, yaitu jumlah penduduk dan jumlah kendaraan bermotor.

Pelaksanaan Penelitian

Setelah diadakan persiapan dan observasi awal untuk penentuan waktu penelitian, langkah selanjutnya adalah melaksanakan penelitian, antara lain:

1. Pengukuran geometrik bundaran Tugu Tololiu dan pengukuran geometrik tiap-tiap pendekat.
2. Pemasangan kamera CCTV disekitar bundaran.
3. Pengamatan kondisi lingkungan setempat oleh peneliti, dengan memperkirakan faktor-faktor lingkungan yang berkaitan.
4. Pencacahan volume kendaraan tiap arah pada semua pendekat di bundaran.
5. Perhitungan kinerja bundaran pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode MKJI 1997.
6. Perhitungan kinerja bundaran pada kondisi *forecasting* hingga tahun ke-9 sesudah kondisi eksisting.
7. Perhitungan perencanaan berbagai alternatif.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Proses Penelitian (Sumber: Hasil Perencanaan, 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Presentasi Data Penelitian

Data sekunder yang didapat yaitu jumlah penduduk kota Tomohon tahun 2016 adalah 101.981 jiwa dan jumlah kendaraan bermotor di kota Tomohon adalah 28.283 kendaraan. Kedua data tersebut didapat dari Badan Pusat Statistik Kota Tomohon.

Data primer yang pertama yaitu data geometrik persimpangan yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Geometrik untuk Masing–Masing Pendekat

Pendekat	Nama Jalan	Lebar Jalan (m)	Tipe Jalan
B	Jalan Raya Tomohon	8,5	2/2 TT
C	Jalan Sam Ratulangi	7,2	2/2 TT
D	Jalan Babe Palar	7,6	2/2 TT

(Sumber: Hasil Pengukuran, 2018)

Data primer yang kedua yaitu kondisi lingkungan. Dilihat dari tata letak simpang, pendekat jalan utama berada pada kawasan pesekolahan dan pertokoan, sedangkan untuk pendekat jalan minor berada pada kawasan pertokoan dan perumahan. Oleh sebab itu berdasarkan acuan MKJI 1997, tipe lingkungan

jalan ini digolongkan tipe lingkungan jalan komersial.

Hambatan samping pada simpang digolongkan pada tipe hambatan samping sedang. Terdapat angkutan–angkutan umum yang menaikkan dan menurunkan penumpang pada lengan simpang jalan utama yaitu Jalan Raya Tomohon dan Jalan Babe Palar dan terdapat pejalan kaki yang menyeberang jalan. Berdasarkan ketentuan ukuran kota, jumlah penduduk sebanyak 101.981 digolongkan ke dalam ukuran kota kecil.

Data primer yang ketiga adalah volume lalu lintas. Data volume lalu lintas yang diambil adalah kendaraan yang melewati bundaran yang dibedakan dalam beberapa jenis kendaraan, yaitu kendaraan ringan (LV), kendaraan berat (HV), sepeda motor (MC), dan kendaraan tak bermotor (UM). Dari hasil perhitungan volume lalu lintas, didapat volume jam puncak (*peak hour*) yang dapat dilihat pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Volume Lalu Lintas Jam Puncak

PENDEKAT	HARI/TANGGAL	PERIODE WAKTU	VOLUME (SMP/JAM)		
			(BIRU)	(MERAH)	(HIJAU)
B	Jumat, 9 Maret 2018	06.30 - 07.30	556,6	382,6	20
	Sabtu, 10 Maret 2018	14.00 - 15.00	602,4	299,9	8,8
	Senin, 12 Maret 2018	06.30 - 07.30	576,3	403,5	32,5
	Rabu, 14 Maret 2018	06.30 - 07.30	517,1	383,3	43
C	Jumat, 9 Maret 2018	06.30 - 07.30	119,3	276,3	1
	Sabtu, 10 Maret 2018	19.15 - 20.15	102,3	220,3	1
	Senin, 12 Maret 2018	06.30 - 07.30	142,3	260,3	1
	Rabu, 14 Maret 2018	06.30 - 07.30	118	287,3	0
D	Jumat, 9 Maret 2018	06.15 - 07.15	588,3	91	1
	Sabtu, 10 Maret 2018	15.45 - 16.45	538,5	112,5	1
	Senin, 12 Maret 2018	06.00 - 07.00	637,2	74,5	0
	Rabu, 14 Maret 2018	06.15 - 07.15	545,1	110	4,5
Volume Jam Puncak Maksimum			5043,4	2901,5	113,8

(Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2018)

Analisis Simpang Tak Bersinyal dengan Bundaran Menggunakan Data Eksisting

Untuk keperluan perhitungan digunakan data yang memiliki jam puncak tertinggi diantara periode jam sibuk dari keempat hari tersebut.

1. Analisis Arus Lalu Lintas (RWEAV-I)
Digunakan data pada hari dan periode jam paling puncak dari keempat hari, yaitu mulai pukul 06.00 – 21.00. Data ini dianggap mewakili data – data lainnya karena mempunyai volume lalu lintas tertinggi.
2. Analisis Jalinan Bundaran (RWEAV-II)
Pada formulir RWEAV-II, dilakukan analisis parameter geometrik bagian jalinan bundaran, kapasitas, dan perilaku lalu lintas. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 4 berikut.

1. Parameter Geometri Bagian Jalinan							
Bagian Jalinan	Lebar Pendekat	Lebar Pendekat 2	Lebar masuk W _e	Lebar jalinan W _w	W _w /W _w	Panjang Jalinan L _w	W _w /L _w
	<1>	<2>	<3>	<4>	<5>	<6>	<7>
1 BC	4.25	13.50	8.88	7.60	1.17	26.10	0.29
2 CD	3.60	3.30	6.45	9.65	0.67	27.80	0.35
3 DB	3.80	16.20	10.00	6.80	1.47	37.30	0.18

2. Kapasitas							
Bagian Jalinan	Faktor-W _w	Faktor-W _w /W _w	Faktor-P _w	Faktor W _w /L _w	Kapasitas C _o	Faktor Penyesuaian F _{cs}	Kapasitas C
	Gbr. 2.5	Gbr. 2.6	Gbr. 2.7	Gbr. 2.8	smp/jam	Tab. 2.6	Tab. 2.8
	<20>	<21>	<22>	<23>	<24>	<25>	<26>
1 BC	1885.3	3.192	0.889	0.631	3377.0	0.9	0.94
2 CD	2571.7	2.155	0.851	0.585	2758.7	0.9	0.94
3 DB	1631.5	3.883	0.892	0.740	4182.4	0.9	0.94

3. Perilaku Lalu Lintas						
Bagian Jalinan	Arus Bagian Q	Derajat Kejenuhan DS (31)/(28)	Tundaan Lalu-Lintas DT Gbr. 2.9 det/smp	Tundaan Lalu-Lintas Total DT _{tot} = Q x DT (31)x(33) det/jam	Peluang Antrian QP%	Sasaran
	smp/jam	<32>	<33>	<34>	Gbr. 2.10	<36>
1 BC	1087.8	0.381	1.79	1942.5	4 - 8	DS < 0,75
2 CD	1012.4	0.434	2.03	2053.6	5 - 10	DS < 0,75
3 DB	1642.7	0.464	2.18	3576.6	5 - 11	DS < 0,75
5 DS dari jalinan DS _e	0.464	Total	7578.7			
6 daan lalu-lintas bundaran rata-rata DT _e det			3.56			
7 ndaan bundaran rata-rata D _e (DT _e + 4) det/s			7.56			
8 Peluang antrian bundaran QP%					5 - 11	

Gambar 4. Perhitungan Arus Lalu Lintas pada Jam Puncak Senin (Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Analisis Simpang Tak Bersinyal Menggunakan Data Forecasting

Analisis simpang dengan menggunakan data forecasting dilakukan pada tahun ke-3, tahun ke-6, dan tahun ke-9 sesudah tahun penelitian, sehingga dapat diketahui kondisi arus lalu lintas pada tahun 2021, 2024, dan 2027. Setelah data forecasting seluruh pergerakan pada tiap-tiap pendekat di tahun 2021, 2024, dan 2027 diketahui, maka selanjutnya data arus lalu-lintas tersebut dimasukkan pada formulir RWEAV-I yang kemudian diikuti dengan perhitungan pada formulir RWEAV-II. Setelah data dimasukkan dan dianalisis, kinerja simpang di tiap tahun simulasi diketahui dan dapat dilihat perbandingannya pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbandingan Kinerja Bundaran dari 3 Tahun Simulasi

Tahun	Parameter Kinerja Jalinan Bundaran Menurut MKJI 1997			Sasaran
	Derajat Kejenuhan (DS)	Tundaan (D _e) det/smp	Peluang Antiran QP%	
	2018	0,464	7,56	
2021	0,580	9,90	8 - 18	DS < 0,75
2024	0,724	13,19	14 - 31	DS < 0,75
2027	0,906	18,36	27 - 59	DS > 0,75

(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Dari Tabel 3. dapat dilihat bahwa tahun dimana kinerja bundaran tidak lagi memenuhi

ketentuan MKJI 1997 karena nilai DS sudah berada diatas 0,75 adalah pada tahun 2027.

Selanjutnya dilakukan simulasi untuk perencanaan dengan tujuan mendapatkan alternatif yang paling tepat untuk membuat kinerja bundaran Tugu Tololiu di tahun 2027 sesuai dengan ketentuan MKJI 1997. Direncanakan dua alternatif, yaitu:

1. Alternatif 1: Pemasangan rambu larangan parkir di bahu jalan untuk semua pendekat.

Simulasi menggunakan alternatif 1, yaitu pemasangan rambu larangan parkir di bahu jalan pendekat B, pendekat C, dan pendekat D. Hal ini dimaksudkan agar tingkat hambatan samping menjadi rendah, sehingga faktor F_{RSU} adalah 0,95.

Hasil yang didapat dari perhitungan untuk alternatif 1 menunjukkan nilai derajat kejenuhan (DS) di bundaran Tugu Tololiu Tomohon adalah 0,896. Terjadi tundaan sebesar 18,21 det/smp dan peluang antrian sebesar 26% - 57%. Nilai ini DS pada alternatif ini berada diatas ketentuan MKJI 1997, sehingga diperlukan alternatif lain untuk menaikkan kinerja bundaran tersebut.

2. Alternatif 2: Kombinasi pemasangan rambu larangan parkir di bahu jalan untuk semua pendekat dan pelebaran jalan utama.

Simulasi menggunakan alternatif 2, yaitu kombinasi pemasangan rambu larangan parkir di bahu jalan untuk semua pendekat dan pelebaran jalan utama. Pelebaran jalan utama dilakukan dari kondisi awal lebar jalan pendekat B adalah 8,5 m dan lebar jalan pendekat C adalah 7,6 m diubah menjadi 10 m untuk pendekat B dan pendekat C, sehingga lebar jalan utama adalah 10 m.

Dilakukannya pelebaran jalan utama menjadi 10 m membuat lebar jalinan (W_w) untuk bagian jalinan DB dari 6,8 m berubah menjadi 7,55 m. Terjadi perubahan pada panjang jalinan (L_w) untuk bagian jalinan CD menjadi 27,70 m.

Hasil yang didapat dari perhitungan untuk alternatif 2 menunjukkan nilai derajat kejenuhan (DS) di bundaran Tugu Tololiu Tomohon adalah 0,841. Nilai ini masih berada diatas ketentuan MKJI 1997, sehingga diperlukan alternatif lain atau perencanaan lanjutan untuk menaikkan kinerja bundaran tersebut.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil perhitungan pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa waktu tersibuk pada bundaran Tugu Tololiu Tomohon adalah hari Senin 12 Maret 2018 pukul 06.30 – 07.30 untuk pendekat B (Jl. Raya Tomohon), pukul 06.30 – 07.30 untuk pendekat C (Jl. Sam Ratulangi), dan pukul 06.00 – 07.00 untuk pendekat D (Jl. Sam Ratulangi). Kapasitas (C) pada bagian jalinan BC adalah (C) = 2856,96 smp/jam, kapasitas jalinan CD adalah (C) = 2333,86 smp/jam, dan kapasitas jalinan DB adalah (C) = 3538,34 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan (DS) pada kondisi eksisting memenuhi nilai yang disarankan oleh MKJI 1997, yaitu (DS) = 0,464 (<0,75) dengan tundaan sebesar 7,56 det/smp serta peluang antrian sebesar 5% - 11%. Hal tersebut berarti bahwa bundaran Tugu Tololiu Tomohon masih mampu melayani arus lalu lintas yang melewatinya.
2. Hasil analisis menggunakan data *forecasting* tahun 2027 adalah DS = 0,906. Hasil ini berada diatas ketentuan MKJI 1997 yang berarti bahwa kinerja bundaran Tugu Tololiu Tomohon menurun. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa terjadi tundaan sebesar 18,36 det/smp dan peluang antrian sebesar 27% - 59%. Perhitungan alternatif 1 memberikan hasil nilai (DS) = 0,896, tundaan sebesar 18,21 det/smp dan peluang antrian sebesar 26% - 57%. Sedangkan

perhitungan alternatif 2 memberikan hasil nilai (DS) = 0,841, tundaan sebesar 17,68 det/smp, serta terjadi peluang antrian sebesar 21% - 48%. Nilai DS dari kedua alternatif tersebut berada di atas nilai yang ditentukan oleh MKJI 1997 yaitu 0,75 yang berarti bahwa kedua alternatif ini masih belum berhasil untuk memperbaiki kinerja simpang sehingga diperlukan perencanaan lanjutan.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang dibuat dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran, sebagai berikut:

1. Perlu adanya perencanaan agar kinerja bundaran Tugu Tololiu Tomohon di tahun – tahun yang akan datang, terutama di tahun 2027 boleh layak untuk melayani arus lalu lintas yang melewati bundaran tersebut.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui alternatif yang paling tepat untuk membuat bundaran Tugu Tololiu Tomohon di tahun 2027 layak untuk melayani lalu lintas yang melewati bundaran tersebut.
3. Mengharapkan disiplinnya para pengguna jalan terutama kendaraan umum seperti mikrolet dalam menaikkan dan menurunkan penumpang agar tidak dilakukan disekitar bundaran. Hal ini akan menyebabkan hambatan samping yang berpengaruh pada terjadinya kemacetan disekitar bundaran.
4. Perlu diupayakan pengaturan dan pengendalian yang optimal dan efisien sehingga kapasitas simpang tak bersinyal dengan bundaran Tugu Tololiu pada saat ini dapat tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Rosehan., 2012. *Analisis Bundaran pada Simpang Empat Jalan A. Yani KM 36 di Banjarbaru*. Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin, Banjarmasin.
- Badan Pusat Statistik Kota Tomohon, 2018. *Kota Tomohon Dalam Angka 2017*. BPS Kota Tomohon, Tomohon.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Pedesaan, 2004. *Perencanaan Bundaran untuk Persimpangan Sebidang*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Khisty, J. C., dan B. K. Lall, 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Diterjemahkan oleh Fidel Miro. Jakarta: Erlangga.

- Oglesby, Clarkson H., dan R. Gary Hicks. 1999. *Teknik Jalan Raya*. Diterjemahkan oleh Ir. Purwo Setianto. Erlangga, Jakarta.
- Pignataro, Louis J. 1973. *Traffic Engineering, Theory and Practice*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Putra, Mada Tilarso, 2017. *Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal dan Bundaran Purwosari*. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sumina, 2008. *Analisis Simpang Tak Bersinyal Dengan Bundaran*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tunas Pembangunan Surakarta, Surakarta.