

Tinjauan Kinerja Bundaran Tiga Lengan Dengan Simulasi Karakteristik Arus Lalu Lintas Pada Bundaran Patung Tololiu Kota Tomohon

Victorie Harly Wuwung¹, Joice E Waani², Freddy Jansen³

¹⁾ Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

^{2),3)} Staf Pengajar Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

e-mail : victor050213023@gmail.com

ABSTRACT

Transportation system in a region, act as a vein and also tools to measure the development progress of that particular region, therefore the system growth is usually corelates the growth of other sectors in society, such as economy, social, culture, politics and citizenship, thus the transportation system becomes a deciding factor of a regional growth. A good transportation system is able to ensure the mobility of goods, service and people in an effective, efficient, safe, comfortable integrated and sustainable. One way to achive that is through traffic control, in which the Tololiu Roundabout in Tomohon city as a crossing point that connects Tomohon city and other administrative regions in North Sulawesi, whereas the current roundabout requires data to be able to be adapted with the increasing regional growth.

The purpose of this research is expected to describe the existing Level of Service (LoS) of the roundabout and predicts the future condition up to 2022 and able to be used as an accountable data for future growth of Tomohon city.

The method applied in this research are literature study, primary and secondary data collection, data analysis using MKJI 1997 method and software simulation using AutoCAD 2017, Microsoft Escel 2016 and Synchro Studio 9,0.

AutoCAD used to simplify the roundabout geometric analysis, Microsoft Excel used to calculate the MKJI 1997 RWEAV-I and RWEAV-II form and Synchro studio 9,0 used to create a real-time simulation of the traffic characteristics in the field of study.

The result of the MKJI 1997 analysis coupled with the regional demografic data to predict the future condition up to 2022 shows that the Degree of Saturation (DS), exceeded the boundary threshold of 0,75 in the year of 2019 and so is advised to apply a geometric and/or volume engineered solution. The result of the Synchro Studio 9,0 simulation shows B grade LoS for the existing data of 2015, but exceeded the boundary threshold of DS in US HCM 2010 method in the following year. The different result by the two methods analyses are due to the different parameters incorporated in both method where the US HCM 2010 in Synchro 9,0 is leaning on Delay Control (and more complex parameters) and the MKJI 1997 mothod rely on the Volume and Capacity. Either way, the study and analysis show that the Tololiu Roundabout in Tomohon city is in need of re-engineering in order to adapt to the future regional growth by applying geometric road widening, no-parking zone, volume diversion through the two minors approach available and also a social education of the roundabout rules and regulation coupled with the good-will of the government to provide the neccesarry facility and tools for the roundabout.

Keywords: *Tololiu Roundabout, Level of Service (LoS), Degree of Saturation (DS), US HCM, MKJI.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem Transportasi adalah urat nadi suatu wilayah bahkan menjadi tolok ukur kemajuan pembangunan suatu daerah, oleh karena pertumbuhan sistem transportasi biasanya berbanding lurus dengan pertumbuhan sendi masyarakat lainnya, seperti ekonomi, sosial, budaya, politik dan kependudukan, sehingga sistem transportasi menjadi modal yang menentukan perkembangan suatu wilayah. Sistem transportasi yang baik dapat menjamin mobilitas barang, jasa dan user yang efektif, efisien, aman, nyaman, terpadu, dan berkelanjutan.

Perkembangan suatu wilayah perkotaan beriringan dengan pertumbuhan dalam bidang transportasi, diantaranya bertambahnya kendaraan baik jenis maupun jumlah, yang kemudian ketika tidak diiringi dengan pertumbuhan sarana dan prasarana penunjang baik kualitas maupun kuantitas maka akan melahirkan kemacetan dan kemungkinan kecelakaan yang dapat mengganggu traffic-flow, terutama di daerah persimpangan.

Kota Tomohon pun turut merasakan tuntutan sistem transportasi ketika Perkembangan Kota Tomohon semakin pesat. Peningkatan taraf ekonomi membuat pertumbuhan kendaraan pun tidak terhindarkan. Sistem transportasi kota Tomohon semakin terbebani dengan pemekaran daerah-daerah otonom baru yang terkoneksi melalui Kota Tomohon sebagai kota transit, sehingga menuntut sarana dan prasarana transportasi yang ada agar di tingkatkan untuk mengimbangi tantangan dari dalam dan luar kota.

Salah satu sarana untuk menunjang rekayasa lalu lintas pada persimpangan adalah bundaran (roundabout) yang bertujuan untuk mengatur kelancaran traffic-flow dengan hambatan minimum. Kendaraan yang melewati bundaran tidak dihentikan, tetapi hanya diperlambat tergantung pada arus lalu lintas di persimpangan tersebut. Bundaran Patung Tololiu adalah salah satu sarana pengendali traffic-flow di Kota Tomohon.

Pada jam-jam tertentu, traffic-flow yang melewati bundaran tersebut menimbulkan antrian kendaraan yang menyebabkan kemacetan sehingga mempengaruhi kinerja bagian jalinan bundaran. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja bundaran patung Tololiu Tomohon adalah: Kapasitas, derajat kejenuhan dan delay, dimana pada jam tertentu sering terjadi kemacetan karena kapasitas jalan tidak bisa menampung volume kendaraan (overload), hambatan samping, land-use yang masih memerlukan kajian, area sekitar bundaran yang semakin dipadati perkantoran, pertokoan dan pusat kuliner.

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)

Manual Kapasitas Jalan Indonesia memuat fasilitas jalan perkotaan, semi perkotaan, luar kota dan jalan bebas hambatan. Manual ini menggantikan manual sementara untuk fasilitas lalu lintas perkotaan (Januari 1993) dan jalan luar kota (Agustus 1994) yang telah diterbitkan lebih dahulu dalam proyek MKJI. Tipe fasilitas yang tercakup dan ukuran penampilan lalu lintas selanjutnya disebut perilaku lalu-lintas atau kualitas lalu lintas.

Tujuan analisa MKJI adalah untuk dapat melaksanakan Perancangan (*planning*), Perencanaan (*design*), dan Pengoperasionalan lalu-lintas (*traffic operation*) simpang bersinyal, simpang tak bersinyal dan bagian jalinan dan bundaran, ruas jalan (jalan perkotaan, jalan luar kota dan jalan bebas hambatan).

Manual ini direncanakan terutama agar pengguna dapat memperkirakan perilaku lalu lintas dari suatu fasilitas pada kondisi lalu lintas, geometrik dan keadaan lingkungan tertentu. Nilai-nilai perkiraan dapat diusulkan apabila data yang diperlukan tidak tersedia. Terdapat tiga macam analisis, yaitu :

1. Analisis Perancangan (*planning*), yaitu : Analisis terhadap penentuan denah dan rencana awal yang sesuai dari suatu fasilitas jalan yang baru berdasarkan ramalan arus lalu-lintas.
2. Analisis Perencanaan (*design*), yaitu : Analisis terhadap penentuan rencana geometrik detail dan parameter pengontrol lalu lintas dari suatu fasilitas jalan baru atau

yang ditingkatkan berdasarkan kebutuhan arus lalu lintas yang diketahui.

3. Analisis Operasional, yaitu : Analisis terhadap penentuan perilaku lalu lintas suatu jalan pada kebutuhan lalu lintas tertentu. Analisis terhadap penentuan waktu sinyal untuk tundaan terkecil. Analisis peramalan yang akan terjadi akibat adanya perubahan kecil pada geometrik, arus lalu lintas dan kontrol sinyal yang digunakan.

Dengan melakukan perhitungan bersambung yang menggunakan data yang disesuaikan, untuk keadaan lalu lintas dan lingkungan tertentu dapat ditentukan suatu rencana geometrik yang menghasilkan perilaku lalu lintas yang dapat diterima. Dengan cara yang sama, penurunan kinerja dari suatu fasilitas lalu lintas sebagai akibat dari pertumbuhan lalu lintas dapat dianalisa, sehingga waktu yang diperlukan untuk tindakan turun tangan seperti peningkatan kapasitas dapat juga ditentukan.

Klasifikasi Jalan Raya

Klasifikasi jalan akan memberikan gambaran tentang pentingnya arti pelayanan yang akan disediakan, hal ini sangat penting dalam menetapkan syarat – syarat minimum yang perlu disediakan atau diberikan pada jalan raya itu sendiri. Klasifikasi menurut fungsinya terdiri atas 3 golongan :

1. Jalan Arteri
Jalan raya arteri adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang tinggi (kendaraan berat) antara kota – kota penting atau antara pusat – pusat produksi dan ekspor. Jalan jalan yang termasuk kategori golongan ini harus direncanakan untuk melayani lalu lintas yang cukup berat.
2. Jalan Sekunder
Jalan raya sekunder adalah jalan raya yang melayani lalu lintas yang cukup tinggi, baik kendaraan ringan maupun berat antara kota – kota penting dan kota – kota yang lebih kecil juga melayani daerah daerah sekitarnya.
3. Jalan Penghubung
Jalan penghubung adalah jalan untuk keperluan aktifitas daerah yang sempit juga dipakai sebagai jalan penghubung antara

jalan – jalan golongan yang sama atau berlainan. Fungsi jalan penghubung adalah untuk melayani lalu lintas yaitu memenuhi kebutuhan aktifitas masyarakat setempat biasanya jalan perkotaan.

Karakteristik Jalan Raya

1. Geometrik
 - a. Tipe Jalan
Berbagai tipe jalan akan menunjukkan kinerja berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu. Misalnya : jalan terbagi dan tak terbagi, jalan satu arah.
 - b. Lebar jalur lalu lintas
Kecepatan arus bebas dan kapasitas akan meningkat dengan penambahan lebar jalur lalu lintas.
 - c. Kereb
Kereb sebagai batas antara jalur lalu lintas dan trotoar yang berpengaruh terhadap dampak hambatan samping pada kapasitas dan kecepatan. Kapasitas jalan dengan kereb lebih kecil dari jalan dengan bahu. Kapasitas berkurang jika terdapat penghalang tetap dekat tepi jalur lalu lintas, tergantung apakah jalan itu mempunyai kereb atau bahu.
 - d. Bahu
Jalan perkotaan umumnya tanpa kereb tapi mempunyai bahu pada kedua sisi jalur lalu lintasnya. Lebar dan kondisi permukaannya mempengaruhi penggunaan bahu, berupa penambahan kapasitas dan kecepatan pada arus tertentu akibat penambahan lebar bahu terutama karena pengurangan hambatan samping yang disebabkan kejadian disisi jalan seperti kendaraan angkutan umum berhenti, pejalan kaki dan sebagainya.
 - e. Median
Median yang direncanakan dengan baik dapat meningkatkan kapasitas.
 - f. Alinyemen jalan
Lengkung horizontal dengan jari-jari kecil mengurangi kecepatan arus bebas. Tanjakan yang curam juga mengurangi kecepatan arus bebas.

2. Klasifikasi Kendaraan

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), semua nilai arus lalu lintas (per arah dan total) dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang (smp), yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan sebagai berikut :

- a. Kendaraan ringan (LV) adalah kendaraan bermotor 2 as beroda 4 dengan jarak as 2,0 – 3,0 m. Meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi bina marga.
- b. Kendaraan berat (HV) adalah kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 m, dan biasanya beroda lebih dari 4. Meliputi : bus, truk 2 as, truk 3 as, dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi bina marga.
- c. Sepeda motor (MC) adalah kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda. Meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi bina marga.
- d. Kendaraan tidak bermotor (UM) adalah kendaraan roda yang digerakan oleh orang atau hewan. Meliputi : sepeda, becak, kereta kuda sesuai sistem klasifikasi bina marga. Kendaraan berat (HV), termasuk truk dan bus.

3. Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Setiap jenis kendaraan mempunyai karakteristik pergerakan yang berbeda, karena dimensi, kecepatan percepatan maupun kemampuan manuver masing - masing tipe kendaraan berbeda disamping itu juga pengaruh geometrik jalan. Oleh karena itu, untuk menyamakan satuan masing masing jenis kendaraan digunakan satuan yang bisa dipakai dalam perencanaan lalu lintas yang disebut Ekuivalensi Mobil Penumpang (smp). Besaran emp yang direkomendasikan sesuai dengan hasil penelitian IHCM (*Indonesian Highway Capacity Manual*) atau MKJI dapat dilihat pada Tabel 1.

4. Perilaku Pengemudi dan Populasi Kendaraan

Ukuran indonesia serta keanekaragaman dan tingkat perkebangan daerah perkotaan menunjukkan bahwa perilaku pengemudi dan populasi kendaraan (umur, tenaga, dan kondisi kendaraan, komposisi kendaraan) adalah beraneka ragam. Karakteristik ini dimasukkan dalam prosedur perhitungan secara tidak langsung, melalui ukuran kota. Kota yang lebih kecil menunjukkan perilaku pengemudi yang kurang gesit dan kendaraan yang kurang modern, menyebabkan kapasitas dan kecepatan lebih rendah pada arus tertentu, jika dibandingkan dengan kota yang lebih besar (MKJI 1997, Jalan Perkotaan).

Karakteristik Arus Lalu lintas

1. Volume

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik atau garis pada jalur gerak dalam satuan waktu tertentu. Biasanya dihitung dalam kendaraan/hari atau kendaraan/jam. Pengukuran volume biasanya dilakukan secara manual.

2. Kapasitas Jalan

Kapasitas merupakan nilai numrik, yang definisinya adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat lewat pada suatu arus atau lajur jalan raya dalam satu arah (dua arah untuk jalan dua arus dua lajur/arah). Selama periode waktu yang tertentu dalam kondisi jalan dan lalu lintas yang ada. Kapasitas ini didapat dari harga besaran kapasitas ideal yang direduksi oleh faktor - faktor lalu lintas dan jalan (MKJI 1997, Jalan Perkotaan).

Dalam kapasitas suatu jalan raya, sangat diperlukan sekali keterangan – keterangan tentang keadaan jalan yaitu :

- a. Faktor jalan , yaitu keterangan mengenai bentuk fisik jalan, seperti lebar jalur, kebebasan lateral, bahu jalan pada median atau tidak, kondisi permukaan jalan, alinyemen jalan, kelandaian, trotoar, dan lain – lain.
- b. Faktor lalu lintas, yaitu keterangan mengenai lalu lintas mengenai jalan, seperti komposisi lalu lintas, volume,

distribusi lajur, hambatan lalu lintas, adanya kendaraan tidak bermotor, hambatan samping, dan lain – lain.

Tanpa keterangan diatas, maka besaran kapasitas tidak akan memberikan pedoman yang jelas, karena tidak memberikan keterangan mengenai keadaan penggunaan.

Kapasitas ini adalah suatu prosedur untuk menampung suatu arus lalu lintas yang melalui jalan tertentu. Prosedur yang dipakai disini adalah prosedur yang diberikan dalam “*Highway Capacity Manual*” yang merupakan hasil penyelidikan yang diadakan oleh “*Highway Research Board*”.

Rumus kapasitas ruas jalan dapat dilihat pada persamaan 1,

$$C = C_0 \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

Dimana:

C = Kapasitas (smp/jam)

C₀ = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_W= Faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{SP}= Faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

FC_{SF}= Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan/kereb

FC_{CS}= Faktor penyesuaian ukuran kota

Tabel 1. Kapasitas Dasar (C₀)

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (Smp/jam)	Keterangan
4 Lajur berpembatas median atau jalan satu arah	1650	Per lajur
4 Lajur tanpa pembatas median atau jalan satu arah	1500	Per lajur
2 Lajur tanpa pembatas median	2900	Total 2 arah

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

Kapasitas dasar untuk jalan lebih dari 4 lajur dapat diperkirakan dengan menggunakan data kapasitas per lajur pada Tabel 2, meskipun mempunyai lebar jalan yang tidak baku.

Tabel 2. Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Pembagian Arah

Pembagian Arah (% - %)	50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
2 Lajur 2 Arah tanpa pembatas median (2/2 UD)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
4 Lajur 2 Arah tanpa pembatas median (4/2 UD)	1,00	0,99	0,97	0,96	0,84

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

Tabel 3. Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Lebar Jalan

Tipe Jalan	Lebar Efektif Jalan	FC _w
4 Lajur berpembatas median atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
4,00	1,08	
4 Lajur tanpa pembatas median atau jalan satu arah	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
	3,75	1,05
4,00	1,09	
2 Lajur tanpa pembatas median	Dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
	9	1,25
10	1,29	
11	1,34	

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

Tabel 4. Nilai Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan	Kode	Jumlah kejadian per 200m/jam	Kondisi Daerah
Sangat rendah	VL	<100	Daerah pemukiman; hampir tidak ada kegiatan
Rendah	L	100-299	Daerah pemukiman; berupa angkutan umum, dasb
Sedang	M	300-499	Daerah industri, beberapa toko disisi jalan
Tinggi	H	500-899	Daerah komersial; aktifitas sisi jalan yang sangat tinggi
Sangat tinggi	VH	>900	Daerah komersial; aktifitas pasar di samping jalan

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*

Tabel 5. Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FC_{SF}) Untuk Jalan Yang Mempunyai Bahu Jalan

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor Penyesuaian untuk hambatan samping dan Lebar Bahu			
		Lebar Bahu Efektif			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
4 lajur 2 arah berpembatas median (4/2 D)	Sangat rendah	0,96	0,98	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,88	0,92	0,95	0,98
	Sangat Tinggi	0,84	0,88	0,92	0,96
4 lajur 2 arah tanpa pembatas median (4/2 UD)	Sangat rendah	0,96	0,99	1,01	1,03
	Rendah	0,94	0,97	1,00	1,02
	Sedang	0,92	0,95	0,98	1,00
	Tinggi	0,87	0,91	0,94	0,98
	Sangat Tinggi	0,80	0,86	0,90	0,95
2 lajur 2 arah tanpa pembatas median (2/2 UD) atau jalan satu arah	Sangat rendah	0,94	0,96	0,99	1,01
	Rendah	0,92	0,94	0,97	1,00
	Sedang	0,89	0,92	0,95	0,98
	Tinggi	0,82	0,86	0,90	0,95
	Sangat Tinggi	0,73	0,79	0,85	0,91

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 6. Faktor Koreksi Kapasitas Akibat Ukuran Kota (FC_Cs)

Ukuran Kota (Juta Penduduk)	Faktor Penyesuaian
< 0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
> 3,0	1,04

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Tabel 7. Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pengaruh Hambatan Samping dan Jarak Kereb-Penghalang (FC_{SF})

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan jarak kereb-penghalang FC_{SF}			
		Jarak: kereb-penghalang W_k			
		< 0,5	1,0	1,5	> 2,0
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
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
2/2 UD atau Jalan satu arah	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

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Penelitian kapasitas ini dinyatakan dalam suatu angka perbandingan antara volume lalu lintas pada jalan tersebut dan kapasitas jalan itu sendiri.

3. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan (*level of service*) adalah ukuran kinerja ruas jalan atau simpang jalan yang dihitung berdasarkan tingkat penggunaan jalan, kecepatan, kepadatan dan hambatan yang terjadi.

Menurut (MKJI, 1997), perilaku lalu lintas diwakili oleh tingkat pelayanan *Level of service* (LOS) yaitu ukuran kualitatif yang mencerminkan persepsi pengemudi tentang kualitas mengendarai kendaraan. Tingkat pelayanan/*Level of Service* (LOS) menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2016 Tentang Manajemen Dan Rekayasa Lalu lintas di Jalan, diklasifikasikan sebagai berikut.

a. Tingkat Pelayanan A

- Kondisi arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan tinggi,
- Kepadatan lalu lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum atau minimum dan kondisi fisik jalan,
- Pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan tanpa atau dengan sedikit tundaan.

b. Tingkat Pelayanan B

- Arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas,
- Kepadatan lalu lintas rendah, hambatan internal lalu lintas belum mempengaruhi kecepatan,
- Pengemudi masih punya kebebasan yang cukup untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

c. Tingkat Pelayanan C

- Arus stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang lebih tinggi,
- Kepadatan lalu lintas meningkat dan hambatan internal meningkat,
- Pengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.

d. Tingkat Pelayanan D

- Arus mendekati tidak stabil, volume lalu lintas tinggi, kecepatan masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus lalu lintas,
- Kepadatan lalu lintas sedang, fluktuasi volume lalu lintas dan hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar (keterbatasan pada arus lalu lintas mengakibatkan kecepatan menurun),
- Pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang sangat singkat.

e. Tingkat Pelayanan E

- Arus lebih rendah dari pada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah,
- Kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi,
- Pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.

f. Tingkat Pelayanan F

- Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang,

- Kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume rendah setelah terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama,
- Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun volume turun sampai 0

Persimpangan (Simpang)

Menurut Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (1995), simpang adalah tempat berbelok atau bercabang dari yang lurus.

Menurut Hendarto, dkk., (2001), persimpangan adalah daerah dimana dua atau lebih jalan bergabung atau berpotongan/bersilangan. Menurut Hobbs (1995), persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan.

Menurut Abubakar, dkk., (1995), persimpangan adalah simpul pada Jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya.

Persimpangan-persimpangan adalah merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah perkotaan.

Pertemuan jalan yang lazim disebut dengan persimpangan menempati posisi yang besar dalam persoalan lalu lintas persoalan tersebut diantaranya tundaan dan kecelakaan.

Suatu survey persimpangan jalan dimaksudkan untuk :

- a. Mengetahui sejauh mana persoalan lalu lintas yang mungkin terjadi akibat lalu lintas yang sedang berjalan dan keterkaitan dengan keadaan ruas jalan/simpang tersebut. Keadaan jalan ini mencakup geometri, jenis simpang, pergerakan lalu lintas yang terjadi, fasilitas yang tersedia (*traffic light*, pulau lalu lintas, dan lain - lain)
- b. Bertujuan untuk merencanakan :

- Pembuatan *traffic light*, rambu – rambu lain (bila belum ada)
- Menyelidiki apakah lama siklus optimum (kurun waktu hijau) pada *traffic light* yang tersedia masih memenuhi
- Arus jenuh, gerak belok, waktu tunda (*delay*), titik konflik
- Jumlah kendaraan yang menunggu serta panjang jalan yang dibutuhkan.

Yang dimaksud dengan persimpangan jalan disini adalah seluruh daerah dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu, bersilang, atau saling memotong yang fungsinya melakukan perubahan arah arus lalu lintas. Dalam pengertian ini selain ujung – ujung ruas jalan, juga termasuk fasilitas yang tersedia atau yang diperlukan untuk menunjang pergerakan lalu lintas di persimpangan.

1. Jenis Simpang (Persimpangan)

Secara umum terdapat tiga jenis persimpangan, yaitu persimpangan sebidang, pembagian jalur jalan tanpa ramp, dan simpang susun atau *interchange* (Khisty, 2003). Sedangkan menurut F.D. Hobbs (1995), terdapat tiga tipe umum pertemuan jalan, yaitu pertemuan jalan sebidang, pertemuan jalan tak sebidang, dan kombinasi antara keduanya. Persimpangan sebidang (*intersection at grade*) adalah persimpangan di mana dua jalan atau lebih bergabung pada satu bidang datar, dengan tiap jalan raya mengarah keluar dari sebuah persimpangan dan membentuk bagian darinya (Khisty, 2003).

Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), pemilihan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya berdasarkan pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalu lintas, dan pertimbangan lingkungan.

Jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

- a. Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai

jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.

- b. Simpang jalan dengan sinyal, yaitu pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas. Jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya.

2. Karakteristik Simpang (Persimpangan)

Menurut Hariyanto (2004), dalam perencanaan suatu simpang, kekurangan dan kelebihan dari simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal harus dijadikan suatu pertimbangan. Adapun karakteristik simpang bersinyal dibandingkan simpang tak bersinyal adalah sebagai berikut :

- a. Kemungkinan terjadinya kecelakaan dapat ditekan apabila tidak terjadi pelanggaran lalu lintas,
- b. Lampu lalu lintas lebih memberi aturan yang jelas pada saat melalui simpang.
- c. Simpang bersinyal dapat mengurangi konflik yang terjadi pada simpang, terutama pada jam sibuk,
- d. Pada saat lalu lintas sepi, simpang bersinyal menyebabkan adanya tundaan yang seharusnya tidak terjadi.

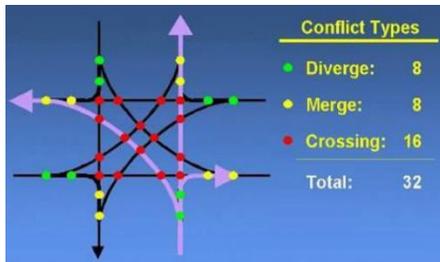
3. Bentuk - bentuk Fase Persimpangan

Fase adalah salah satu bentuk atau tahapan yang memberikan kesempatan terhadap arus untuk melakukan pergerakan dari satu kaki simpang. Fase pada simpang ini dapat berupa 2 fase, 3 fase, dan 4 fase.

4. Persinggungan di Persimpangan

Lintasan kendaraan pada simpang akan menimbulkan titik konflik yang berdasarkan alih gerak kendaraan terdapat 4 (empat) jenis dasar titik konflik yaitu berpencar (*diverging*), bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan berjalanan (*weaving*). Jumlah potensial titik konflik pada simpang tergantung dari jumlah arah gerakan, jumlah lengan simpang, jumlah lajur dari setiap lengan

simpang dan pengaturan simpang. Pada titik konflik tersebut berpotensi terjadinya kecelakaan dan kemacetan lalu lintas. Pada simpang empat lengan, titik-titik konflik yang terjadi terdiri dari 16 titik *crossing*, 8 titik *diverging* dan 8 titik *merging* seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Titik Konflik Pada Simpang Empat Lengan

5. Prinsip Dasar

Konflik antara arus lalu lintas dikendalikan dengan isyarat lampu/*traffic light*. Konflik dapat dihilangkan dengan melepaskan hanya satu arus lalu lintas, tetapi dapat menyebabkan hambatan yang besar bagi arus – arus dari kaki simpang lainnya. Secara keseluruhan dapat menyebabkan penggunaan simpang menjadi tidak efisien. Untuk itu perlu dipertimbangkan dalam mengalirkan beberapa arus bersamaan untuk efisiensi simpang dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan, sehingga kapasitas simpang menjadi meningkat.

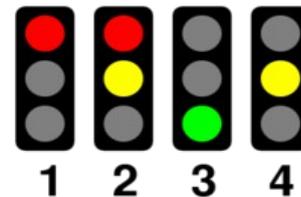
Usaha untuk mengurangi hambatan dan meningkatkan kapasitas simpang dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

- a. Menggunakan tahapan fase sedikit mungkin
- b. Arus yang masuk di persimpangan harus dapat ditampung
- c. Alokasi waktu untuk tiap – tiap fase harus sesuai kebutuhan
- d. Bila memungkinkan dengan simpang yang berdekatan dilakukan koordinasi, sehingga efisiensi dapat ditingkatkan.

Lampu Lalu lintas (*Traffic Light*)

Traffic Light berarti pengaturan lalu lintas dengan memakai sinyal dari lampu. Sinyal-sinyal lampu ini terdiri dari tiga macam warna yaitu :

1. *Red* (merah), artinya keadaan tidak aman, jadi semua kendaraan harus berhenti.
2. *Amber* (kuning), artinya peralihan antara merah dan hijau, yang mana pada posisi ini semua kendaraan yang sedang berjalan harus hati-hati dan juga bagi yang sedang berhenti harus bersiap-siap untuk berjalan
3. *Green* (hijau), artinya keadaan aman, kendaraan boleh berjalan.



Gambar 2. Lampu Lalu Lintas

Isyarat lampu yang digunakan ditetapkan berdasarkan ketentuan internasional *Vienna Convention on Road Signs and Signals* tahun 1968 , dimana isyarat lampu merah berarti berhenti, isyarat lampu kuning berarti bersiap untuk berhenti atau jalan, sedang isyarat lampu hijau berarti berjalan. Urutan lampu menyala seperti ditunjukkan dalam gambar adalah:

- a. Lampu merah menyala, kendaraan berhenti
- b. Lampu merah dan kuning menyala, kendaraan bersiap untuk berjalan
- c. Lampu hijau, kendaraan berjalan
- d. Lampu kuning, kendaraan berhenti kecuali terlalu dekat dengan garis henti atau kalau berhenti dapat mengakibatkan celaka kendaraan masih bisa berjalan.

1) Phase (Fase)

Pengaturan lalu lintas pada suatu persimpangan jalan mempunyai banyak konflik, Hal ini dapat dilakukan dengan

pemisahan waktu. Pengaturan pemisahan arus lalu lintas dikenal dengan nama *phase*.

Pemilihan dan penggunaan *phase* terlihat pada kejadian konflik, apabila pada suatu persimpangan ada dua konflik utama dapat diselesaikan dengan dua *phase*, jika ada tiga konflik utama akan diselesaikan dengan tiga *phase*, dan jika ada empat konflik maka diselesaikan dengan empat *phase*, begitu seharusnya.

Jadi berdasarkan keterangan diatas, apabila pada suatu persimpangan jalan ada dua atau lebih dari dua konflik utama maka dibutuhkan juga lebih dari dua *phase*. Pada Persimpangan Jalan R. Sukamto, Jalan Amphibi, Jalan Basuki Rahmat dan Jalan Angkatan 66 yang kami tuangkan didalam laporan akhir ini, *Traffic Light* yang kami rencanakan terdiri dari empat *phase*.

2) *Signal Aspect dan Intergreen Period*

Warna yang ditunjukkan oleh suatu lampu lalu lintas disebut *signal aspect*. Urutan dari *signal aspect* adalah merah, kuning, hijau. Di Inggris lamanya lampu kuning adalah tiga detik. Matinya lampu hijau pada suatu *phase* dan nyalanya lampu hijau di *phase* berikutnya diberi nama *Intergreen Period*. Lamanya *intergreen period* ini berkisar antara empat detik sampai dengan delapan detik, ini tergantung dari konflik yang ada pada setiap masing-masing *phase*.

Misalnya untuk suatu *phase* yang mempunyai volume kendaraan yang membelok kekanan jumlahnya cukup besar dan pada *phase* tersebut juga memberikan kesempatan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang, maka lamanya *Intergreen Period* biasanya diambil delapan detik.

3) *Kanalisisasi*

Daerah perkerasan yang lebih luas, untuk memungkinkan gerakan membelok dari banyak jalur, harus ditandai dengan benar supaya pengendara dapat bergerak dengan lancar dan aman melalui suatu *junction* (pertemuan), disamping tanda-tanda petunjuk arah dengan panah dan garis untuk menolong gerakan biasanya perlu

juga memisah areanya secara *physic* dengan membangun pulau-pulau pemisah, cara ini disebut dengan penyaluran (*channelisation*).

Tujuan utama dari *channelisation* adalah :

- a. Pemisahan arus lalu lintas dua arah
- b. Pemisahan tempat menunggu bagi pejalan kaki dari arus kendaraan dengan memberi batu loncatan menyilang arus kendaraan.
- c. Mengontrol sudut dan kecepatan mendekat, untuk membantu pengendara dan memudahkan gerakan kendaraan.
- d. Pemisahan waktu dan jarak gerakan-gerakan kendaraan terutama pada persimpangan.
- e. Mencegah gerakan terlarang dengan melanggar penghalang pada saat masuk atau keluar dari suatu jalan

Jalanan Bundaran

Bagian jalanan merupakan suatu bagian antara dua gerakan lalu lintas, yaitu yang menyatu (*converging*) dan memencar (*diverging*).

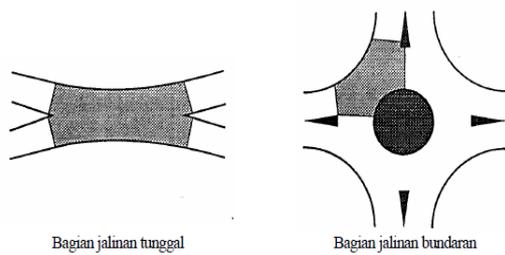
1. Jenis jalanan

Bagian jalanan dibagi dua tipe utama yaitu bagian jalanan tunggal dan bagian jalanan bundaran. Bundaran dianggap sebagai beberapa bagian jalanan tunggal yang berurutan. Ukuran kinerja pada bagian jalanan dapat dilihat dari Tabel 9.

Tabel 8. Ukuran Kinerja

Ukuran kinerja	Tipe bagian jalanan	
	Tunggal	Bundaran
Kapasitas	Ya	Ya
Derajat kejenuhan	Ya	Ya
Tundaan	Tidak	Ya
Peluang Antri	Tidak	Ya
Kecepatan tempuh	Ya	Tidak
Waktu tempuh	Ya	Tidak

Sumber: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997*



Gambar 3. Tipe Bagian jalinan

Metode pada dasarnya empiris dan oleh karenanya harus digunakan dengan hati-hati dan dengan pertimbangan teknik lalu lintas yang matang apabila digunakan di luar rentang variasi untuk variabel data empiris yang ditunjukkan dalam Tabel 10.

Tabel 9. Rentang Variasi Data Empiris Untuk Variabel Masukan

Variabel	Bundaran			Tunggal		
	Min.	Rata-rata	Maks	Min.	Rata-rata	Maks
Lebar pendekat	6	9	11	8	9,6	11
Lebar jalinan	9	12,6	20	8	11,5	20
Panjang jalinan	21	33,9	50	50	96	183
Lebar/panjang	0,22	0,43	0,80	0,06	0,13	0,20
Rasio jalinan	0,32	0,76	0,94	0,32	0,74	0,95
%-kendaraan ringan	35	60	75	49	63	81
%-kendaraan berat	0	2	3	0	3	13
%-sepeda motor	20	33	55	16	32	45
Rasio kendaraan tak bermotor	0,01	0,05	0,18	0	0,02	0,06

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

a. Kapasitas

Kapasitas total bagian jalinan adalah hasil perkalian antara kapasitas dasar (C₀) yaitu kapasitas pada kondisi tertentu (ideal) dan faktor penyesuaian (F), dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan sesungguhnya terhadap kapasitas. Model kapasitas dapat dilihat pada persamaan 2,

$$C = 135 \times W_W^{1,3} \times \left(1 + \frac{W_E}{W_W}\right)^{1,5} \times \left(1 - \frac{P_W}{3}\right)^{1,5} \times \left(1 + \frac{W_W}{L_W}\right)^{-1,8} \times F_{CS} \times F_{RSU} \quad 2$$

Tabel 10. Ringkasan Variabel Masukan untuk Persamaan 2

Tipe variabel	Variabel dan nama masukan		Faktor model
Geometri	Lebar masuk rata-rata	W _E	
	Lebar jalinan	W _W	
	Panjang jalinan	L _W	
	Lebar/panjang	W _W /L _W	
Lingkungan	Kelas ukuran kota	CS	F _{CS}
	Tipe Lingkungan jalan	RE	
	Hambatan samping	SF	
	Rasio kend. tak bermotor	P _{UM}	
Lalu-lintas	Rasio jalinan	P _W	F _{RSU}

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997

Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan bagian jalinan ditunjukkan oleh Persamaan 3 berikut ini:

$$DS = \frac{Q_{SMP}}{C}$$

Dimana:

DS = Derajat kejenuhan

Q_{smp} = Arus total (smp/jam)

Arus Total dapat dihitung dengan Persamaan 4

$$Q_{SMP} = Q_{Kend.} \times F_{SMP}$$

Dimana:

F_{smp}=Faktor smp

C=Kapasitas (smp/jam)

Faktor smp dapat dihitung dengan Persamaan 5

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

Dimana: Emp_{HV} = 1,3

Emp_{MC} = 0,5

Derajat kejenuhan bundaran ditentukan sebagai berikut:

$$DS = \text{nilai maksimal } (DS_i); i = 1 \dots n$$

Dimana DS_i adalah derajat kejenuhan bagian jalinan i dan n adalah jumlah bagian jalinan pada bundaran tersebut.

b. Tundaan Pada Bagian Jalinan Bundaran

Terbagi karena 2 sebab :

1. Tundaan lalu lintas (D_T) akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam persimpangan
2. Tundaan geometrik (D_G) akibat percepatan dan perlambatan lalu lintas

Sehingga Tundaan Rata-rata dinyatakan melalui Persamaan 6:

$$D = D_T + D_G$$

Dimana: D = Tundaan rata-rata bagian jalinan (det/smp)

D_T = Tundaan lalu lintas rata-rata bagian jalinan (det/smp)

D_G = Tundaan geometrik rata-rata bagian jalinan (det/smp)

Tundaan rata-rata pada jalinan bundaran dapat dihitung dengan Persamaan 7 berikut ini:

$$D_R = \sum \frac{Q_i \times D_{Ti}}{Q_{masuk}} + D_G; i = 1 \dots n$$

Dimana:

D_R = Tundaan bundaran rata-rata bagian jalinan (det/smp)

Q_i = Arus total lapangan pada bagian jalinan i (smp/jam)

Q_{masuk} = Jumlah arus total yang masuk bundaran (smp/jam)

c. Peluang Antrian Pada Bagian Jalinan Bundaran

Ditentukan berdasarkan kurva antrian empiris dengan derajat kejenuhan

sebagai variabel masukan. Peluang antrian dinyatakan dalam Persamaan 8.

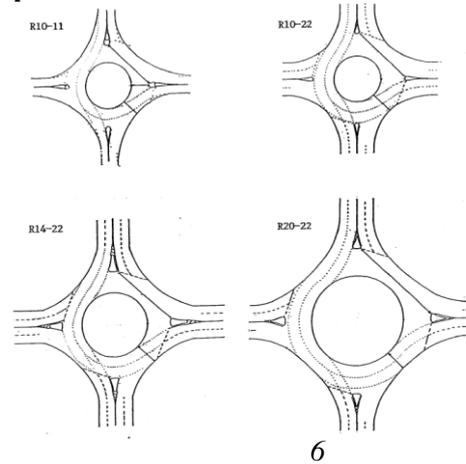
$$QP\% = \text{Nilai Maks } QP\%_i; i = 1 \dots n$$

Dimana:

$QP\%_i$ = Peluang antri bagian jalinan i

n = Jumlah bagian jalinan dalam bundaran

2. Tipe Bundaran Standar



Gambar 4. Ilustrasi Tipe Bundaran

3. Pemilihan Tipe Bundaran

a. Umum

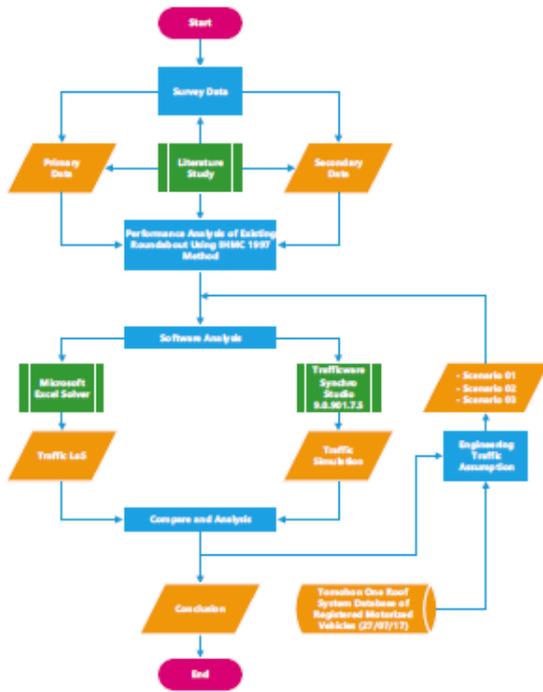
Pada umumnya bundaran dengan pengaturan hak jalan (prioritas dari kiri) digunakan di daerah perkotaan dan pedalaman bagi persimpangan antara jalan dengan arus lalu lintas sedang. Pada arus lalu lintas yang tinggi dan kemacetan pada daerah keluar simpang, bundaran tersebut mudah terhalang, yang mungkin menyebabkan kapasitas terganggu pada semua arah.

b. Pertimbangan ekonomi

Perencanaan baru bundaran paling ekonomis berdasarkan analisa biaya siklus hidup (BSH) ditunjukkan pada Tabel 13. Dimana kolom Rasio adalah Rasio arus antara jalan utama dan jalan minor, Kolom LT/RT adalah persen arus belok kiri dan kanan (10/10 artinya pada masing- masing pendekat 10 % helok kiri dan 10 % belok kanan) dan tipe jalinan adalah Radius bundaran/jumlah lajur

pada pendekatan minor/jumlah lajur pada pendekatan utama. Contoh R10-11 artinya radius bundaran 10 m satu lajur pada pendekatan minor dan satu lajur pada pendekatan utama.

METODOLOGI PENELITIAN



Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek Penelitian

Lokasi jalinan bundaran yang menjadi fokus penelitian adalah Jalinan Bundaran Patung Tololiu yang terletak di Kota Tomohon. Bundaran Patung Tololiu itu sendiri merupakan salah satu simpul utama yang menghubungkan pusat administratif di provinsi Sulawesi utara seperti Kabupaten Minahasa, Kabupaten Minahasa Tenggara, Kabupaten Minahasa Selatan dan Kota Manado, dengan mengingat bahwa posisi kota Tomohon sebagai kota transit.

Posisi kota Tomohon dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 5. Peta Lokasi Kota Tomohon

Demografi Kota Tomohon

Letak Wilayah Kota Tomohon dikelilingi oleh Wilayah Kabupaten Minahasa; yaitu sebelah Utara berbatasan dengan kecamatan Pineleng dan Tombulu (Kab. Minahasa). Sebelah selatan berbatasan dengan kecamatan Sonder dan Remboken (Kab.Minahasa) sebelah Barat dengan kec. Tombariri (Kab.Minahasa) dan sebelah Timur berbatasan dengan Kec. Tondano (Kab.Minahasa) dan kecamatan Airmadidi (Kab.Minahasa Utara). Sementara untuk kabupaten/kota yang berdekatan dengan Kota Tomohon adalah Kabupaten Minahasa Selatan (sebelah Barat) Kota Manado (sebelah Utara) Kabupaten Minahasa (sebelah Timur) dan Kabupaten Minahasa Tenggara (sebelah Selatan). Bundaran Patung Tololiu merupakan simpul utama yang menjadi titik pertemuan jalinan jalan provinsi Sulawesi Utara yang menghubungkan Kota Manado, Kabupaten Minahasa dan Kabupaten Minahasa Tenggara, seperti terlihat pada gambar 7, yang di tandai dengan lingkaran merah.

Kota Tomohon menjadi kota administratif melalui penetapan Undang-undang Nomor 10 Tahun 2003 tanggal 27 Januari 2003. Terbentuknya lembaga legislatif kota Tomohon hasil Pemilihan Umum Tahun 2004, menghasilkan Peraturan Daerah Kota Tomohon Nomor 22 Tahun 2005 tentang Lambang

Daerah dan Peraturan Daerah Kota Tomohon Nomor 29 Tahun 2005 tentang Hari Jadi Kota Tomohon. Kota Tomohon yang berusia 14 Tahun telah mengalami pertumbuhan yang pesat termasuk dalam bidang transportasi. Menurut data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik Kota Tomohon, pada tahun 2015 penduduk kota Tomohon telah mencapai angka 100.373 jiwa dan meningkat dari tahun ke tahun, termasuk kemampuan ekonomi penduduknya yang dapat dilihat pada Tabel 14 dan Tabel 15 berikut ini. Dengan rata-rata pertumbuhan penduduk 1,81%, maka diperkirakan proyeksi penduduk kota Tomohon akan mencapai kurang lebih 110.000 jiwa pada tahun 2020.



Gambar 6. Lokasi Bundaran Patung Tololiu

Tabel 11 Jumlah Penduduk Kota Tomohon Tahun 2010 - 2015

Wilayah/ District	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tomohon Selatan	21,062	21,297	21,454	21,682	22,415	22,725
Tomohon Tengah	20,156	20,387	20,916	21,329	22,247	22,756
Tomohon Timur	10,269	10,384	10,380	10,453	10,766	10,875
Tomohon Barat	14,160	14,318	14,214	14,263	14,641	14,740
Tomohon Utara	25,906	26,197	26,476	27,430	28,617	29,277
Kota Tomohon	91,553	92,583	93,857	94,157	98,686	100,373

Sumber: Badan Pusat Statistik



Gambar 7. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kota Tomohon

Bundaran Patung Tololiu

Bundaran Patung Tololiu merupakan jalinan bundaran 3 (tiga) lengan tidak bersignal yang menjadi titik pertemuan ruas jalan dari utara ke selatan, Jalan Raya Tomohon-Manado; dari arah timur, Jalan Tololiu Supit yang menghubungkan Kota Tomohon – Tondano; dari arah selatan, Jalan Babe Palar yang menghubungkan Tomohon – Kawangkoan.



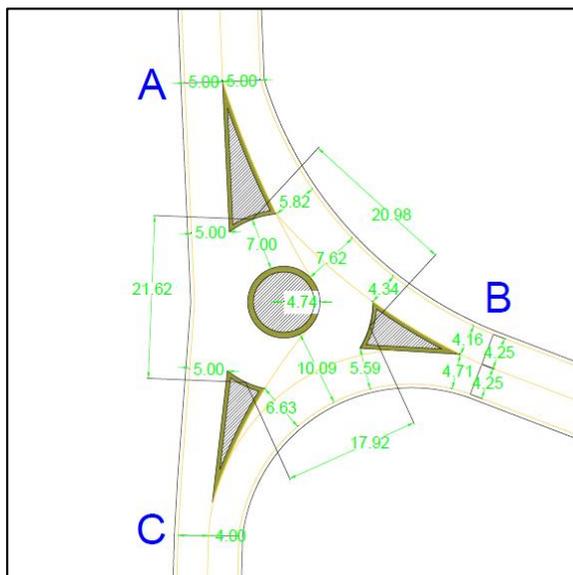
Gambar 8. Kawasan Bundaran Patung Tololiu

Kondisi Lingkungan

Kawasan bundaran Patung Tololiu Kota Tomohon merupakan salah satu kawasan yang padat dengan tata guna lahan yang di dominasi tarikan komersial berupa 10 rumah makan, 1 café, 5 toko, 2 bank, 2 bengkel 1 dan 1 salon,

seperti terlihat pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11. Berdasarkan klasifikasi Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997, maka kawasan jalinan bundaran ini merupakan kawasan komersial, dimana 80% tidak menyediakan lahan parkir sehingga menyebabkan para pelanggan, memarkir kendaraannya pada jalinan bundaran, 20% yang menyediakan lahan parkir pun sangat tidak memadai.

Data Geometrik



Gambar 9. Geometrik Bundaran Patung Tololiu Kota Tomohon

Data geometrik bundaran diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan menggunakan meteran analog dan digital, kemudian di plot dalam Software Autodesk AUTOCAD 2017 untuk mendapatkan panjang jalinan bundaran yang lebih akurat dengan terlebih dahulu melakukan modifikasi asumsi pulau bundaran seperti terlihat pada Gambar 11 dan Tabel 15.

Volume Kendaraan

Untuk dapat melakukan survey volume kendaraan secara efektif dan efisien, maka desain formulir harus dibuat agar mudah dimengerti dan diisi oleh para surveyor. Formulir survey juga harus dapat menjaring seluruh kebutuhan data yang diperlukan dalam pelaksanaan analisis. Gambaran formulir survey dapat dilihat pada Tabel 16. Adapun pencacahan survey di bagi per 15 menit agar dapat mengidentifikasi fluktuasi volume kendaraan yang masuk ke dalam jalinan bundaran. Sesuai dengan Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan rekayasa Lalu lintas Di Jalan menyatakan bahwa definisi dari volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu pada ruas jalan per satuan waktu, yang dinyatakan dalam kendaraan per jam atau satuan mobil penumpang (smp) per jam.

Beban puncak selama 1 jam volume kendaraan per hari yang melewati jalinan bundaran Patung Tololiu Kota Tomohon adalah:

- Senin, selang waktu pukul 06.45- 07.45 sebanyak 2.418 kendaraan
- Selasa, selang waktu pukul 06.30 – 07.30 sebanyak 2.338 kendaraan
- Rabu, selang waktu pukul 06.30 – 07.30 sebanyak 2.302 kendaraan
- Kamis, selang waktu pukul 06.30 – 07.30 sebanyak 2.318 kendaraan
- Jumat, selang waktu pukul 11.00 – 12.00 sebanyak 2.245 kendaraan
- Sabtu, selang waktu pukul 17.00 – 18.00 sebanyak 2.298 kendaraan

Untuk kepentingan analisa kinerja bundaran, di ambil beban puncak terpadat oleh karena bundaran merupakan satu jalinan simpang, sehingga patokan perhitungan beban puncak volume kendaraan pada jalinan bundaran Patung Tololiu Kota Tomohon adalah data survey pada hari Senin, selang waktu pukul

06.45 – 07.45 yaitu sebanyak 2.418 kendaraan dengan jumlah *Unmotorized Vehicles* sebanyak 5 kendaraan, Rasio Kendaraan Berat (HV) sebesar 0.0087, Rasio Kendaraan Ringan (LV) sebesar 0.4272 dan Rasio Sepeda Motor (MC) sebesar 0.5641.

Data menunjukkan beban puncak pada hari kerja Senin – Kamis terjadi pada pagi hari antara pukul 06.30 – 07.45 dimana secara umum aktivitas perjalanan dari rumah ke tempat kerja/kantor dan/atau sekolah terjadi. Dengan melihat Posisi Bundaran Patung Tololiu merupakan Simpul Utama yang secara geografis terletak di tengah kota Tomohon dan menghubungkan wilayah Timur – Barat, Utara – Selatan serta posisi pusat perkantoran Pemerintahan berada di sebelah Barat dan Sebagian Besar Sekolah terdapat di bagian Utara, menjadikan Jalinan Bundaran ini sebagai salah satu titik persilangan transportasi Kota Tomohon dan kendaraan luar kota yang melakukan perjalanan dari dan ke Kota Manado – Kabupaten Minahasa serta Minahasa Tenggara – Kota Manado. Pada akhir pekan, beban puncak pada hari jumat dan sabtu sedikit berbeda dengan hari kerja lainnya.

Analisa Data

Data Jumlah Kendaraan yang teregistrasi di Kota Tomohon menurut Data Base Sistem Administrasi Manunggal Satu Atap (SAMSAT) Kota Tomohon, yang kemudian diklasifikasi berdasarkan registrasi masa berlaku pajak kendaraan per tipe kendaraan bermotor sampai pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 18.

	08	09	10	11	12	13	14	15	2016	2017	2018
HV	18	14	19	28	44	21	53	90	190	1.669	2.142
LV	32	43	46	35	31	33	59	127	242	1.428	1.491
MC	592	589	702	966	710	312	746	1.470	2.436	7.378	5.757
TOTAL											29.513

Sumber: Samsat Kota Tomohon

Solusi

Dengan melihat Analisa data di atas dan permasalahan yang timbul akibat pertumbuhan sosial ekonomi masyarakat yang tidak terhindarkan, maka ada beberapa solusi yang dapat ditawarkan:

Geometrik dan Volume

Solusi yang mendasar atas penambahan jumlah kendaraan adalah pelebaran jalan dan pengalihan arus. Pelebaran jalan dengan penambahan 1,5 meter pada pendekatan bundaran menunjukkan peningkatan pada derajat kejenuhan <0,75 sampai tahun 2022 seperti terlihat pada Tabel 25, kemudian dibarengi dengan design pulau untuk memperlancar arus kendaraan *by-pass* yang tidak melewati jalinan bundaran seperti pada Gambar 24



Gambar 10. Solusi Geometrik

Sedangkan untuk pengalihan arus dapat dilakukan dengan memanfaatkan jalan minor pada ruas jalan A dan C untuk mengurangi arus yang masuk pada jalinan bundaran, dimana jalan-jalan dimaksud telah di perbaiki oleh pemerintah lewat Dinas Pekerjaan Umum untuk menjamin tingkat pelayanan yang lebih baik.

Tata Guna Lahan dan Hambatan Samping

Pemanfaatan tata guna lahan yang tidak dibarengi dengan lahan parkir yang sesuai telah turut memberikan

kontribusi penyusutan geometrik bundaran karena kendaraan diparkir pada badan jalan. Oleh karena itu penyediaan lahan parkir tersendiri sebaiknya dilakukan untuk mengantisipasi pertumbuhan kawasan komersial yang semakin ramai.

1. Sosial, Politik dan Hukum

Perlunya kerjasama dan pengertian yang komprehensif baik dari pemerintah maupun masyarakat dan aparat hukum untuk menjamin Tingkat pelayanan Bundaran Patung Tololiu tetap terjaga baik. *Good will* dari pemerintah untuk menyediakan rambu-rambu lalu lintas yang masih sangat minim pada kompleks bundaran serta sosialisasi fungsi dan kaidah bundaran lalu lintas kepada masyarakat oleh pihak kepolisian akan memberikan kontribusi yang baik terhadap kelancaran operasional *traffic control* ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan Analisa Metode MKJI 1997, Kondisi geometrik eksisting bundaran Patung Tololiu Kota Tomohon dapat menjamin tingkat pelayanan dengan derajat kejenuhan $<0,75$ sampai tahun 2018
2. Analisa Simulasi menggunakan software Synchro Studio 9,0 menunjukkan tingkat pelayanan dengan Level B untuk kondisi eksisting data tahun 2015, tetapi menunjukkan kinerja yang buruk setelah tahun 2016 dengan derajat kejenuhan $>1,0$
3. Untuk menjamin tingkat pelayanan yang baik sampai tahun 2022, perlunya rekayasa transportasi dengan pelebaran geometri jalan serta pengalihan arus yang memasuki jalinan bundaran dengan memanfaatkan jalan minor yang tersedia; pendekatan sosial dan hukum untuk meningkatkan wawasan masyarakat terhadap fungsi dan

kaidah bundaran lalu lintas; *good-will* dari pemerintah untuk menyediakan fasilitas penunjang berupa rambu-rambu lalu lintas; tata guna lahan yang berkelanjutan.

4. Analisa dan Simulasi karakteristik lalu lintas dan tingkat pelayanan menggunakan software Synchro 9,0 yang mengadaptasi metode US HCM 2010 diperlukan penelitian terhadap variabel parameter yang lebih kompleks dari Metode MKJI 1997 agar dapat menggambarkan kondisi bundaran lalu lintas Patung Tololiu Kota Tomohon dengan lebih akurat.
5. Perlunya penelitian lebih lanjut untuk penyesuaian Analisa metode MKJI 1997 agar dapat menyesuaikan dengan referensi internasional.
6. Untuk mengantisipasi pertumbuhan demografi dan pertumbuhan jumlah kendaraan yang mencapai angka 10% per tahun di Kota Tomohon, perlunya dilakukan rekayasa transportasi terhadap bundaran patung tololiu sekarang agar dapat menjaga keberlanjutan system transportasi di Kota Tomohon.

Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diambil kesimpulan:

1. Mendorong pemerintah dalam hal ini Dinas Perhubungan Kota Tomohon untuk melakukan pemetaan LHRT Kota Tomohon agar dapat mengantisipasi peningkatan volume kendaraan di kota Tomohon
2. Mendorong Pemerintah untuk memanfaatkan sarana APILL yang sudah terpasang serta mendorong *Law Enforcement* untuk menerapkan fungsi Bundaran sebagaimana mestinya
3. Mendorong pelaku usaha komersial di lokasi survey untuk menyediakan lahan parkir
4. Penelitian lanjutan untuk dapat membandingkan perhitungan Kinerja bundaran menggunakan software transportasi Synchro Studio 9,0

5. Mendorong penyesuaian metode MKJI 1997 dengan referensi internasional seperti US HCM 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 Tentang Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 19/PRT/M/2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan Dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan
- Direktorat Jenderal Bina Marga Jalan Kota, 1997, **Manual Kapasitas Jalan (MKJI)**, Jakarta.
- Putranto, Leksmono S, 2013, **Rekaya Lalu Lintas**, Edisi Kedua, Penerbit PT Indeks Jakarta.
- Alamsyah, Alik Ansyori, 2008, **Rekayasa Lalu Lintas**, Edisi Kedua, Penerbit UPT Penerbitan UMM Malang,
- Tamin, Ofyar Z., 2000, **Perencanaan dan Pemodelan Transportasi**, Edisi Kedua, Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.
- Mahagana, I Made A.A., dan Buana, Cahya, 2013, **Studi Kelayakan Jalan akses Jembatan Baru Ploso di Kabupaten Jombang – Jawa Timur**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, ITS Surabaya.
- DeAmico, Michael, 2012, **Roundabout Capacity and Comparative Softwaer Analysis**, Theses, University of Wisconsin, Madison.
- Mujahid, Rana Salah-ud-Din, 2012, **Dual-Lane Roundabout Geometric Design for Optimum Design Consistency and Operation**, Theses, Dissertations, Ryerson University, Toronto
- Mallikarjuna, R., 2014, **Operational Analysis of Roundabout Under Mixed Traffic Flow Condition**, Thesis, National Institute of Technology, Rourkela.
- Rao, Shweta, 2015, **Performance Analysis of Roundabouts Using Empirical Method for Indian Scenario**, Thesis, National Institute of Technology, Rourkela.
- Luthfan, Azharan, 2012, **Evaluasi Kinerja Manajemen Lalu-Lintas Jalanan Bundaran Bintaro Sektor 7 Menjadi Simpang Bersinyal Akibat Pembangunan Jalan Layang Bintaro jaya**, Skripsi, Universitas Indonesia, Depok.
- Federal Highway Administration, 2000, **Roundabouts: An Informational Guide**, US Department of Transportation
- Transportation Research Board, NRC, 2000, **Highway Capacity Manual (HCM) 2000**, USA.
- Parmarto, Nolo., Hartono, Priyo, dan Setiadji Bagus, 2014, **Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Menggunakan Program Synchro**, Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 3, Nomor 2, Halalaman 485 – 497, Universitas Diponegoro.
- Paramitha, Agustina., Sitranata, Radiksa., Riyanto, Bamabang, dan YI, Wicaksono, 2007, **Evaluasi Upaya Peningkatan Kinerja Bundaran Kalibanteng Pasca Terbangunnya Flyover**, Jurnal Karya Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.
- Maulana, Andrean, **Analisis Kinerja Bundaran dengan Menggunakan Simulasi Mikro**, Jurnal Kajian Teknik Sipil, Volume 2, Nomor 1, ITENAS, Bandung.

Trafficware, **Tools For Analysis of Capacity and Efficient Flow for Roundabout Design: Part III, Synchro & SimTraffic**, Handout

Rodegerdts, Lee P. E., 2009, **Roundabouts in The 2010 HCM and Updated FHWA Roundabout Guide**, Instructional Handout, Kittelson & Associates, Inc.

Badan Pusat Statistik Kota Tomohon, 2015, **Statistik Daerah Kota Tomohon 2016**, Tomohon.

Jones, Steven, Ph.D., Majeed, Abdulai, 2015, **Roundabout Planning, Design, And Operations Manual**, Alabama Department of Transportation.

Toronto Transportation Service Division, 2016, **Guidelines For using Synchro 9 (Including Simtraffic 9)**, Canada.