

KAJIAN EFEKTIVITAS PENGELOLAAN SIMPANG DENGAN UNDERPASS (STUDI KASUS SIMPANG TUGU NGURAH RAI DI PROVINSI BALI)

Putu Alit Suthanaya¹, Ni Nyoman Rosita²

^{1,2}*Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Udayana
Email: suthanaya@rocketmail.com*

ABSTRAK

Salah satu upaya untuk mengatasi kemacetan lalu lintas yang telah dilakukan adalah melalui pembangunan jalan Tol Bali Mandara. Namun demikian, pada pertemuan jalan tol tersebut dengan Simpang Tugu Ngurah Rai justru terjadi kemacetan dan antrian yang panjang. Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka diperlukan untuk mengkaji pengelolaan simpang Tugu Ngurah Rai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja Simpang Tugu Ngurah Rai eksisting dengan Bundaran, dan kinerja alternatif pengendalian simpang Tugu Ngurah Rai dengan bundaran bersinyal dan simpang tak sebidang dengan *underpass* tipe parsial. Analisis kinerja simpang dilakukan dengan menggunakan acuan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) tahun 1997. Hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan kinerja bundaran Simpang Tugu Ngurah Rai pada kondisi eksisting berada pada tingkat pelayanan C dengan nilai derajat kejenuhan bundaran 0,652, tundaan bundaran rata-rata adalah 10,802 det/smp, peluang antrian bundaran 6% - 25%. Bundaran diperkirakan akan mencapai tingkat pelayanan D pada tahun 2019 dengan nilai tundaan 26,664 det/smp. Pengendalian lalu lintas pada Simpang Tugu Ngurah Rai dengan simpang bersinyal tidak dapat diterapkan karena buruknya kinerja simpang, sehingga diperlukan alternatif pengendalian yaitu dengan simpang tak sebidang berupa *underpass*. Alternatif desain *underpass* arah utara-selatan pada tahun 2019 lebih baik dibandingkan dengan alternatif desain *underpass* arah timur-barat dengan derajat kejenuhan *underpass* 0,517; tundaan *underpass* rata-rata 9,7118 det/smp; peluang antrian *underpass* 12% - 21% dan tingkat pelayanan *underpass* tahun 2019 adalah "B". Simpang Tugu Ngurah Rai dengan *underpass* arah utara-selatan diperkirakan akan mencapai tingkat pelayanan D pada tahun 2026 dengan nilai tundaan 20,773 det/smp.

Kata kunci: *bundaran, sinyal, underpass, kinerja*

EFFECTIVENESS STUDY OF SIMPANG MANAGEMENT WITH UNDERPASS (CASE STUDY SIMPANG TUGU NGURAH RAI IN BALI PROVINCE)

ABSTRACT

One option to overcome traffic jam that has been implemented was by building Bali Mandara toll road. However, the connection between the toll road with the Tugu Ngurah Rai intersection has caused traffic jam and long queue. Therefore, it is required to analyse appropriate traffic management at Tugu Ngurah Rai intersection. This study aims to analyze the existing performance of Tugu Ngurah Rai roundabout and to provide the alternatives control considering both signalized roundabout and separated-grade intersection of partial-type underpass. The analysis is conducted in accordance to the Indonesian Highway Capacity Manual (MKJI, 1997). The study showed the existing performance of Tugu Ngurah Rai roundabout was at the level of service C. In addition, the degree of saturation, average delay and queue probability of the roundabout were 0.652, 10.802 sec/pcu and 6%-25%, respectively. The roundabout is predicted to reach a level of service D in 2019 with the average delay of 26.664 sec/pcu. Installing signalized traffic control at Tugu Ngurah Rai roundabout is unable to reduce the congestion, therefore, a separated-grade intersection of underpass is such a plausible alternative. An alternative design of underpass on north-south direction in 2019 is found to be better than east-west direction. The underpass on north-south direction will have a degree of saturation, average delay and queue probability of 0.517, 9.7118 sec/pcu and 12% - 21%, respectively. These condition is equal to a level of service B. Furthermore, considering the increase of traffic flow in 2026, the underpass is predicted to experience a level of service D with average delay of 20.773 sec/pcu.

Keywords: *roundabout, signal, underpass, performance*

1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Provinsi Bali lebih dari 4 juta jiwa dan terkonsentrasi di Bali Selatan (BPS, 2016). Kemacetan yang sering terjadi pada ruas jalan Bypass Ngurah Rai yang merupakan akses utama menuju ke Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai telah dapat diatasi dengan telah dibangunnya Jalan Tol Bali Mandara. Namun demikian, sdanya jalan tol Nusa Dua-Ngurah Rai-Benoa mengakibatkan penambahan kaki simpang pada Simpang Tugu Ngurah Rai. Penambahan kaki simpang pada persimpangan Tugu Ngurah Rai telah menambah konflik baru pada persimpangan tersebut. Pergerakan arus lalu lintas dari/menjuu Jalan Tol telah menyebabkan perubahan konflik pada persimpangan Tugu Ngurah Rai yang mengakibatkan perubahan kinerja persimpangan Tugu Ngurah Rai. Perubahan kinerja simpang yang terjadi tentunya dipengaruhi oleh besarnya pergerakan lalu lintas baru dari jalan tol.

Simpang Tugu Ngurah Rai saat ini diatur dengan sistem Bundaran. Pergerakan lalu lintas pada Bundaran Ngurah Rai sedemikian padatnya sehingga menimbulkan antrian panjang pada simpang. Kepadatan lajur yang tinggi sering mengakibatkan kemacetan lalu lintas di daerah tersebut sehingga sering mengganggu kenyamanan pengguna jasa angkutan udara yang hendak menuju Bandara Ngurah Rai. Oleh sebab itu diperlukan suatu kajian untuk memperbaiki kinerja Bundaran Simpang Tugu Ngurah Rai tersebut.

Kinerja bundaran Simpang Tugu Ngurah Rai akan dianalisis hingga seberapa lama bundaran mampu mengantisipasi permintaan lalu lintas dan mengatasi permasalahan lalu lintas yang terjadi. Apabila Bundaran sudah tidak mampu menampung lalu lintas maka diperlukan suatu alternatif desain pengendalian simpang. Alternatif pengendalian simpang yang akan dikaji dalam penelitian ini dibatasi untuk 2 alternatif yaitu alternatif pengendalian simpang Tugu Ngurah Rai dengan bundaran bersinyal atau alternatif pengendalian simpang tak sebidang dengan *underpass* (jalan bawah tanah).

Apabila bundaran bersinyal sudah tidak mampu mengatasi permasalahan lalu lintas simpang maka alternatif selanjutnya yang akan diambil adalah pengendalian simpang tak sebidang dengan *underpass*. Pengendalian simpang tak sebidang dengan *flyover* (jalan layang) tidak mungkin diambil mengingat terdapat aturan mengenai Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan yang tidak mengijinkan adanya bangunan penghalang setinggi ± 50 meter di sekitar bandar udara. Tipe *underpass* yang dikaji dibatasi hanya pada tipe parsial yaitu dengan menghilangkan salah satu lalu lintas pada konflik utama (apakah pada arah Utara-Selatan atau arah Timur-Barat). Dengan adanya *underpass* maka konflik utama akan dapat diiadakan sehingga dapat menurunkan derajat kejenuhan, tundaan lalu lintas dan peluang antrian bundaran serta meningkatkan kapasitas simpang. Alternatif desain akan dianalisis hingga seberapa lama mampu menampung lalu lintas pada Simpang Tugu Ngurah Rai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja Simpang Tugu Ngurah Rai eksisting dengan Bundaran dan untuk menganalisis kinerja alternatif pengendalian simpang Tugu Ngurah Rai dengan bundaran bersinyal dan simpang tak sebidang dengan *underpass* tipe parsial.

2. KINERJA BUNDRAN

Bagian jalinan dibagi dua tipe utama yaitu bagian jalinan tunggal dan bagian jalinan bundaran. Bundaran dianggap sebagai jalinan yang berurutan. Bundaran paling efektif jika digunakan persimpangan antara jalan dengan ukuran dan tingkat arus yang sama. Karena itu bundaran sangat sesuai untuk persimpangan antara jalan dua-lajur atau empat-lajur. Untuk persimpangan antara jalan yang lebih besar, penutupan daerah jalinan mudah terjadi dan keselamatan bundaran menurun. Kinerja Bundaran meliputi kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan lalu lintas dan peluang antrian. Perhitungan kinerja bundaran dilakukan berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (Departemen PU, 1997).

Kapasitas dasar bundaran dihitung dengan menggunakan rumus (Departemen PU, 1997):

$$C_0 = 135 \times W_w^{1,3} \times (1 + W_F / W_w)^{1,5} \times (1 - P_w/3)^{0,5} \times (1 + W_w/L_w)^{-1,8}$$

$$= \text{Faktor } W_w \times \text{faktor } W_E/W_w \times \text{faktor } P_w \times \text{faktor } W_w/L_w \quad (1)$$

dimana:

C_0	: Kapasitas Dasar (smp/jam)
Faktor W_w	: Rasio lebar jalinan
Faktor W_E/W_w	: Rasio rata-rata lebar jalinan
Faktor P_w	: Rasio menjalin
Faktor W_w/L_w	: Rasio panjang jalinan

Selanjutnya kapasitas nyata dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C = C_0 \times F_{CS} \times F_{RSU} \quad (2)$$

dimana:

- C : Kapasitas (smp/jam)
- F_{CS} : Faktor penyesuaian ukuran kota
- F_{RSU} : Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor

Nilai derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$DS = \frac{Q_{smp}}{C} \tag{3}$$

dimana:

- Q_{smp} : Arus total (smp/jam), dihitung dengan rumus, Q_{smp} = Q_{kend} x F_{smp}
- F_{smp} : Faktor smp, dihitung sebagai berikut:
 $F_{smp} = (LV\% + HV\% emp_{HV} + MC\% emp_{MC})$

Tundaan lalu-lintas bundaran dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$(D_{TR}) = \sum (Q_i \times DT_i) / Q_{masuk} \tag{4}$$

Tundaan Bundaran (D_R) = DT_R + 4 (det/smp)

dimana:

- i : Bagian jalinan I dalam bundaran
- Q_i : Arus total pada bagian jalinan I (smp/jam)
- Q_{masuk} : Jumlah arus yang masuk bundaran (smp/jam)

Peluang antrian dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Batas atas QP} &= 26,65 \times DS - 55,55 \times DS^2 + 108,7 DS^3 \tag{5} \\ \text{Batas bawah QP} &= 9,41 \times DS + 29,967 \times DS^4,619 \tag{6} \end{aligned}$$

Tingkat pelayanan Bundaran dinilai berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 Tentang Tingkat Pelayanan Persimpangan Prioritas, seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

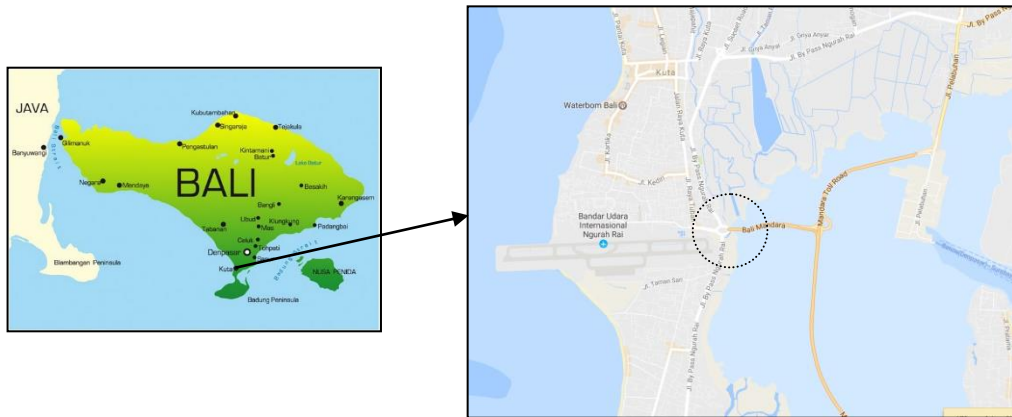
Tabel 1. Tingkat pelayanan bundaran

Tingkat Pelayanan	Rata-rata tundaan berhenti (detik per kendaraan)
A	< 5
B	5 – 10
C	11 – 20
D	21 – 30
E	31 – 45
F	> 45

Sumber: Departemen Perhubungan, 2006

3. METODE

Gambar 1 memperlihatkan peta lokasi Simpang Tugu Ngurah Rai di Provinsi Bali. Simpang Tugu Ngurah Rai merupakan bundaran dengan 4 lengan simpang. Simpang ini merupakan akses utama menuju ke Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai. Tundaan dan antrian yang panjang terutama pada saat jam puncak pagi dan sore telah menyebabkan penurunan kenyamanan baik pengguna jalan maupun wisatawan terutama yang melakukan pergerakan dari/menuju ke bandara.



Gambar 1. Lokasi Simpang Tugu Ngurah Rai di Provinsi Bali

Simpang Tugu Ngurah Rai dianalisis sebagai simpang dengan Bundaran 4 lengan sesuai dengan kondisi saat ini. Adapun tahapan analisis kinerja Simpang Tugu Ngurah Rai dijelaskan sebagai berikut.

1. Perhitungan Volume Lalu lintas dari Masing-masing Pendekat

Berdasarkan hasil pengamatan pada lokasi studi, maka variasi arus lalu lintas pada setiap pendekat pada masing-masing simpang selalu berubah-ubah sesuai kondisi volume kendaraan yang melewati simpang.
2. Menentukan Arus Jam Perencanaan (VJP)

Data volume lalu lintas dikelompokkan dalam jenis kendaraan dan arah gerakan, kemudian dikonversikan menjadi satuan mobil penumpang dan diolah menjadi volume jam Perencanaan. Volume jam perencanaan diperkirakan dari volume harian yang dikalikan dengan nilai k yaitu proporsi lalu lintas harian yang terjadi selama periode puncak, dinyatakan dalam nilai pecahan
3. Analisis Operasional Bundaran pada Simpang Tugu Ngurah Rai

Operasional Simpang Tugu Ngurah Rai eksisting (saat ini) dihitung berdasarkan analisa perhitungan bundaran Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Bundaran dianalisa dengan menghitung besarnya Kapasitas Bundaran, Derajat kejenuhan, Tundaan dan Peluang Antrian serta berapa lama bundaran mampu menampung lalu lintas.
4. Analisis Alternatif Pengendalian Simpang

Analisis pengendalian simpang yang dikaji dalam penelitian ini dibatasi dengan menggunakan 2 alternatif, yaitu dengan menggunakan bundaran bersinyal dan dengan simpang tak sebidang dengan *Underpass*. Apabila bundaran bersinyal sudah tidak mampu mengatasi permasalahan lalu lintas simpang maka alternatif selanjutnya yang akan diambil adalah pengendalian simpang tak sebidang dengan *underpass*. Pengendalian simpang tak sebidang dengan *flyover* (jalan layang) tidak mungkin diambil mengingat terdapat aturan mengenai Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan yang tidak mengizinkan adanya bangunan penghalang setinggi ± 50 meter di sekitar bandar udara. Tipe *underpass* yang dikaji dibatasi hanya pada tipe parsial yaitu dengan menghilangkan salah satu lalu lintas pada konflik utama (apakah pada arah Utara-Selatan atau arah Timur-Barat). Kinerja terbaik dari salah satu tipe *Underpass* tersebut dianalisa lagi untuk mengetahui berapa lama waktu layanan maksimal untuk dapat menampung lalu lintas pada Simpang Tugu Ngurah Rai.

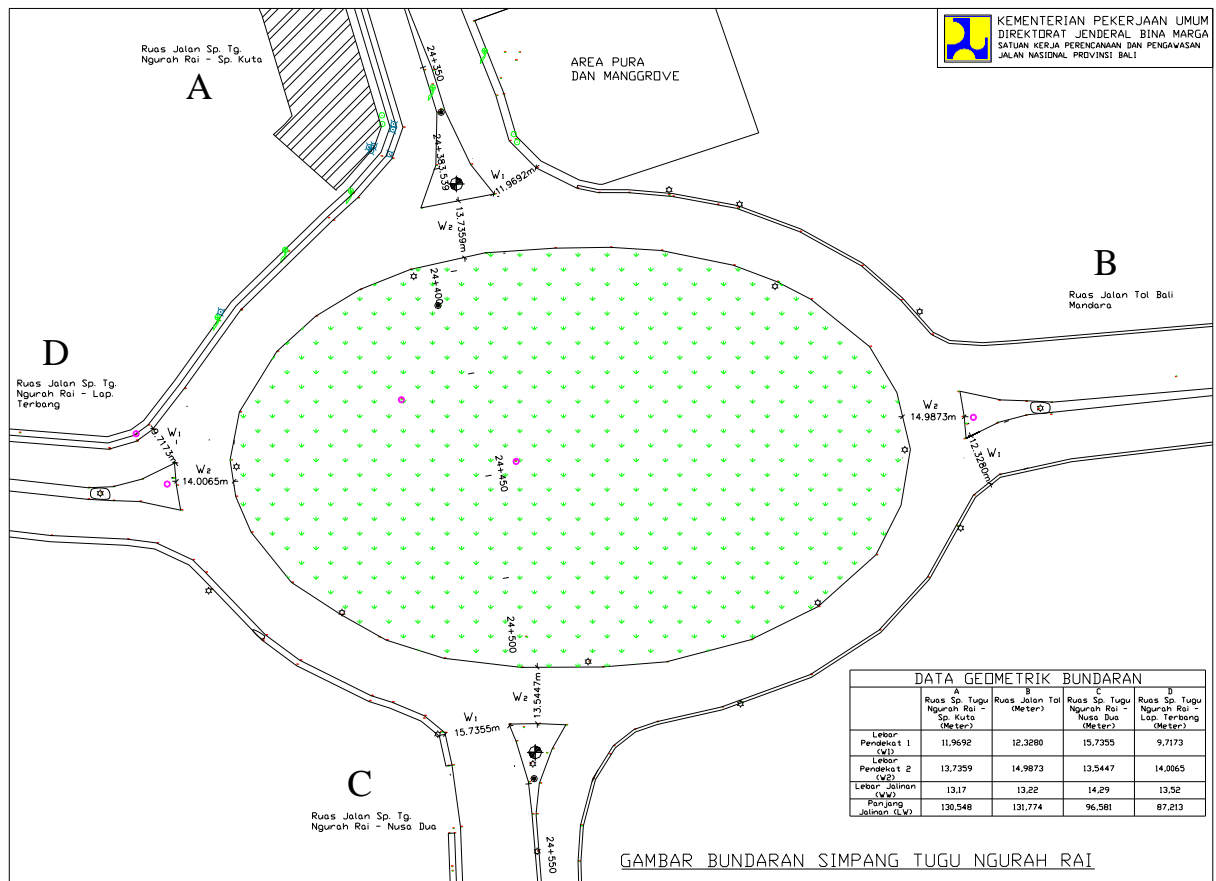
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Geometrik Simpang Tugu Ngurah Rai Eksisting (Bundaran)

Tabel 2 dan Gambar 2 memperlihatkan data geometrik untuk Simpang Tugu Ngurah Rai Eksisting (Bundaran). Lebar pendekat masuk rata-rata bervariasi antara 11,86-14,64 m.

Tabel 2. Data Geometrik

Data Geometrik	Jalanan (m)			
	AB	BC	CD	DA
• Lebar pendekat (W_1)	11,97	12,33	15,74	9,72
• Lebar pendekat (W_2)	13,74	14,99	13,54	14,01
• Lebar masuk rata-rata (W_E)	12,85	13,66	14,64	11,86
$W_E = \frac{W_1 + W_2}{2}$				
• Lebar jalanan (W_w)	13,17	13,22	14,29	13,52
• Panjang jalanan (L_w)	130,548	131,774	96,581	87,213
• (W_E) / (W_w)	0,98	1,03	1,02	0,88
• (W_w) / (L_w)	0,10	0,10	0,15	0,16



Gambar 2. Geometrik simpang Tugu Ngurah Rai eksisting (Bundaran)

Berdasarkan data yang diperoleh maka diketahui arus lalu lintas tiap lengan pada Simpang Tugu Ngurah Rai Eksisting (Bundaran) pada saat jam puncak sore jam 16.00 – 17.00 Wita sebagai berikut:

Tabel 3. Pergerakan pada jam puncak sore

Tipe Kend	Pendekat (kend/jam)															
	A = Kaki Utara, (Ruas JL. Kuta-Simpang Tugu Ngurah Rai)				C = Kaki Selatan, (Ruas JL. Nusa Dua - Simpang Tg. Ngurah Rai)				D = Kaki Barat, (Ruas JL. Lap. Terbang - Sp. Tg. Ngurah Rai)				B = Kaki Timur, (Ruas JL. Tol - Sp. Tg. Ngurah Rai)			
	LT	ST	RT	UT	LT	ST	RT	UT	LT	ST	RT	UT	LT	ST	RT	UT
KR	147	754	400	14	489	775	178	36	136	83	160	16	179	231	82	4
KB	16	83	44	2	40	63	15	3	5	3	6	1	19	25	9	0
SM	328	1682	891	31	1075	1704	391	79	333	202	391	40	398	516	184	8
KTB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	491	2519	1335	47	1605	2543	584	118	474	288	557	56	597	773	275	12

4.2 Analisis Kinerja Simpang Tugu Ngurah Rai Eksisting dengan Bundaran

Kinerja bundaran ditentukan ditentukan melalui perhitungan derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian. Tabel 4 memperlihatkan kinerja Bundaran Tugu Ngurah Rai. Tingkat pelayanan Simpang Tugu Ngurah Rai Eksisting (Bundaran) berada pada tingkat pelayanan C.

Tabel 4. Analisis Kinerja Simpang Tugu Ngurah Rai Eksisting (Bundaran)

Bagian Jalinan	Arus Bagian Jalinan Q smp/jam	Derajat Kejenuhan DS	Tundaan Lalin DT det/smp	Tundaan Lalin Total DT _{tot} det/jam	Peluang antrean	
					Batas bawah (QP%)	Batas atas (QP%)
AB	4036	0,596	2,79	11275	10	19
BC	4235	0,764	4,77	20198	9	36
CD	4947	0,680	3,19	15772	10	27
DA	3304	0,570	2,68	8840	6	17
DS dari Jalinan DS_R		0,652	Total	56086		
Tundaan lalu-lintas bundaran rata-rata DT_R det/smp				6,802		
Tundaan bundaran rata-rata D_R (DT_R+4) det/smp				10,802		
Peluang antrean bundaran (nilai maksimum)					9 % - 36%	

Dengan mengambil nilai rata-rata dari faktor pertumbuhan jumlah penduduk, faktor pertumbuhan PDRB dan faktor pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor diperoleh $i=6,29\%$ sehingga Simpang Tugu Ngurah Rai dengan bundaran diperkirakan akan mencapai tingkat pelayanan D pada tahun 2019 dengan nilai tundaan 26,664 det/smp. Pada tingkat pelayanan D, kondisi arus di simpang pada jalan arteri sudah tidak stabil sehingga memerlukan manajemen pengaturan ulang simpang.

4.3 Analisis Alternatif Pengendalian Simpang Tugu Ngurah Rai dengan Simpang Bersinyal (Alternatif I)

Dari hasil perhitungan diketahui nilai arus jenuh yang disesuaikan (S) yaitu $S_A = 6.794$ smp/jam; $S_B = 6506$ smp/jam; $S_C = 8.252$ smp/jam; dan $S_D = 5.488$ smp/jam. Dengan mengambil alternatif simpang bersinyal dengan 4 fase maka diperoleh nilai *clearance time* selama 7 detik; *inter green* 10 detik; *lost time* 40 detik; $IFR = 1,11$; $CaU = -331,08$ detik.

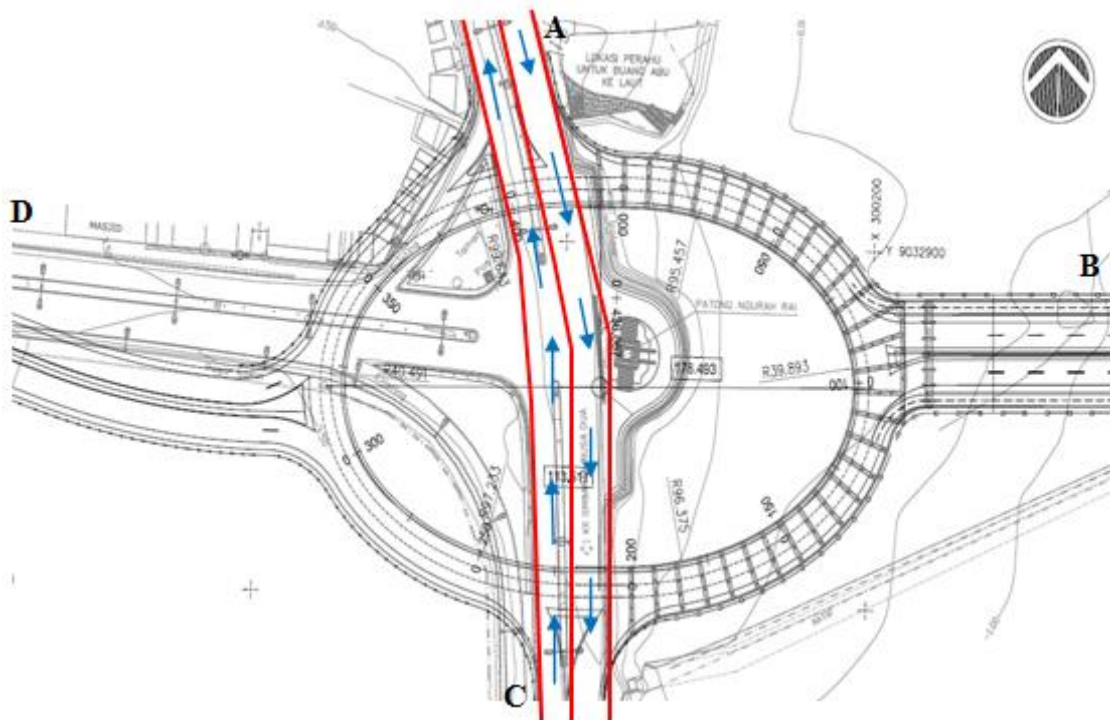
Lamanya waktu siklus 4 phase dari hasil perhitungan adalah (-331,08), ini menandakan arus kelewat jenuh dan mengindikasikan tingkat pelayanan simpang bersinyal adalah "F", maka dapat disimpulkan bahwa alternatif pengendalian simpang dengan menggunakan sinyal tidak mampu mengatasi permasalahan lalu lintas pada Tahun 2019. Alternatif simpang bersinyal untuk pengendalian lalu lintas pada Simpang Tugu Ngurah Rai tidak dapat diterapkan sehingga diperlukan alternatif pengendalian yang lainnya yaitu simpang tak sebidang berupa *underpass*.

4.4 Analisis Alternatif Pengendalian Simpang Tugu Ngurah Rai dengan Underpass (Alternatif II)

Berdasarkan hasil perhitungan kinerja bundaran Tugu Ngurah Rai dengan Underpass arah Utara-Selatan dan arah Timur-Barat hasil proyeksi tahun 2019, maka dapat dibandingkan kinerja alternatif desain underpass dan dapat diambil satu alternatif arah underpass terbaik, seperti disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kinerja Alternatif Desain Underpass Arah Utara-Selatan dan Timur – Barat

UNDERPASS ARAH UTARA-SELATAN								
No.	Bagian Jalinan	Arus Bagian Jalinan Q smp/jam	Derajat Kejenuhan DS	Tundaan Lalin DT det/sm p	Tundaan Lalin Total DT _{tot} det/ja m	Peluang antrean		Tingkat Pelayanan
						Batas bawah (QP%)	Batas atas (QP%)	
1	AB	3302	0,472	2,21	7306	6	12	
2	BC	3583	0,618	2,98	10664	9	21	
3	CD	4581	0,611	2,87	13126	12	20	
4	DA	2256	0,369	1,73	3904	4	8	B
5	DS dari Jalinan DS _R		0,517	Total	35000			
6	Tundaan lalu-lintas bundaran rata-rata DT _R det/smp				5,118			
7	Tundaan bundaran rata-rata D _R (DT _R +4) det/smp				9,7118			
8	Peluang antrean bundaran (nilai maksimum)					12 % -21%		
UNDERPASS ARAH TIMUR-BARAT								
No.	Bagian Jalinan	Arus Bagian Jalinan Q smp/jam	Derajat Kejenuhan DS	Tundaan Lalin DT det/sm p	Tundaan Lalin Total DT _{tot} det/ja m	Peluang antrean		Tingkat Pelayanan
						Batas bawah (QP%)	Batas atas (QP%)	
1	AB	5058	0,745	3,49	17672	24	34	
2	BC	4880	0,872	7,20	35139	22	53	
3	CD	5816	0,794	3,72	21655	36	40	
4	DA	4096	0,705	3,31	13544	20	29	C
5	DS dari Jalinan DS _R		0,940	Total	88010			
6	Tundaan lalu-lintas bundaran rata-rata DT _R det/smp				8,886			
7	Tundaan bundaran rata-rata D _R (DT _R +4) det/smp				12,886			
8	Peluang antrean bundaran (nilai maksimum)					36 % -53%		



Gambar 2. Desain underpass pada Simpang Tugu Ngurah Rai arah utara-selatan

Gambar 2 memperlihatkan desain underpass pada Simpang Tugu Ngurah Rai arah utara-selatan. Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa alternatif desain *underpass* arah utara-selatan pada tahun 2019 lebih baik dibandingkan dengan alternatif desain *underpass* arah timur-barat. Selanjutnya dengan mengambil nilai rata-rata dari faktor pertumbuhan jumlah penduduk, faktor pertumbuhan PDRB dan faktor pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor diperoleh $i=6,29\%$ sehingga Simpang Tugu Ngurah Rai dengan *underpass* arah utara-selatan akan mencapai tingkat pelayanan D pada tahun 2026 dengan nilai tundaan 20,773 det/smp.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut. Kinerja Simpang Tugu Ngurah Rai eksisting dengan bundaran ditandai dengan nilai derajat kejenuhan bundaran sebesar 0,652, tundaan bundaran rata-rata adalah 10,802 det/smp dan peluang antrian bundaran adalah 6% - 25%. Tingkat pelayanan Simpang Tugu Ngurah Rai Eksisting (Bundaran) berada pada tingkat pelayanan C. Simpang Tugu Ngurah Rai dengan bundaran diperkirakan akan mencapai tingkat pelayanan D pada tahun 2019 dengan nilai tundaan 26,664 det/smp. Pada tingkat pelayanan D, kondisi arus di simpang pada jalan arteri sudah tidak stabil sehingga memerlukan manajemen pengaturan ulang simpang. Alternatif pengendalian Simpang Tugu Ngurah Rai terdiri dari pengendalian dengan simpang bersinyal dan dengan underpass. Alternatif pengendalian simpang dengan menggunakan sinyal tidak mampu mengatasi permasalahan lalu lintas pada Tahun 2019, karena nilai $CaU = -331,08$. Hal ini menandakan arus kelewat jenuh dan mengindikasikan tingkat pelayanan simpang bersinyal adalah "F". Alternatif simpang bersinyal untuk pengendalian lalu lintas pada Simpang Tugu Ngurah Rai tidak dapat diterapkan sehingga diperlukan alternatif pengendalian yang lainnya yaitu simpang tak sebidang berupa *underpass*. Kinerja *underpass* arah utara-selatan yang diproyeksikan pada tahun 2019 dengan perincian yaitu derajat kejenuhan *underpass* adalah 0,517; tundaan *underpass* rata-rata sebesar 9,118 det/smp; peluang antrian *underpass* adalah 12% - 21% dan tingkat pelayanan *underpass* tahun 2019 adalah "B". Kinerja *underpass* arah timur-barat pada tahun 2019 dengan perincian yaitu derajat kejenuhan *underpass* adalah 0,779; tundaan *underpass* rata-rata sebesar 12,886 det/smp; peluang antrian *underpass* 36% - 53%; dan tingkat pelayanan simpang dengan *underpass* adalah "C". Alternatif desain *underpass* arah utara-selatan pada tahun 2019 lebih baik dibandingkan dengan alternatif desain *underpass* arah timur-barat. Dengan mengambil nilai rata-rata dari faktor pertumbuhan jumlah penduduk, faktor pertumbuhan PDRB dan faktor pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor diperoleh $i=6,29\%$ sehingga Simpang Tugu Ngurah Rai dengan *underpass* arah utara-selatan diperkirakan akan mencapai tingkat pelayanan D pada tahun 2026 dengan nilai tundaan 20,773 det/smp.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Propinsi Bali. 2016. *Bali Dalam Angka 2015*. Bali
- Departemen Pekerjaan Umum. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Perencanaan Bundaran untuk Persimpangan Sebidang*, Jakarta
- Kodoatie, R J. 1995. *Analisis Ekonomi Teknik*, Penerbit Andi Offsef, Yogyakarta.
- Morlok, E. K. 1988. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi (terjemahan)*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Moskowitz, K. 1956. *California Method of Assigning Diverted Traffic to Proposed Freeways*. Higway Reaserch Board, Bulletin No. 130, California
- Peraturan Pemerintah Replubik Indonesia, Nomor 15 Tahun 2005. *Tentang Jalan Tol*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, Nomor 32 Tahun 2011. *Tentang Volume Lalu Lintas*.
- Saodang, H. 2004. Buku I Geometrik jalan, *Konstruksi Jalan Raya*. Penerbit Nova. Bandung.
- Tamin, O.Z.2003. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi Kedua. Bandung: ITB
- Transportations Research Board (1994). *Higway Capacity Manual Special Report 209*, National Research Council, Washington DC
- Undang-Undang Replubik Indonesia, Nomor 38 Tahun 2004, *Tentang Jalan*
- Warpani, S. 1993, *Rekayasa Lalu-Lintas*, Jakarta.