

EVALUASI KINERJA SIMPANG PATUNG NGURAH RAI (SIMPANG JALAN I GUSTI NGURAH RAI – JALAN AIRPORT NGURAH RAI)

A.A Ngurah Jaya Wikrama¹, dan I Nyoman Karnata Mataram¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran Badung, Bali
Email: jayawikrama@civil.unud.ac.id

ABSTRAK

Simpang Patung Ngurah Rai merupakan bagian penting jaringan transportasi untuk layanan lalu-lintas dari dan menuju ke Bandara Ngurah Rai. Sampai saat ini belum ada penelitian yang dilakukan untuk menganalisis simpang bersangkutan padahal masyarakat sering merasakan masalah berupa tundaan yang tinggi dan antrian yang sangat panjang. Mengingat pentingnya peranan Simpang Patung Ngurah Rai tersebut, maka atas dasar ini dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja simpang eksisting dan sekaligus juga untuk mencobakan dan menganalisis alternatif pemecahan masalah yang ditawarkan.

Dari hasil analisis eksisting berturut-turut untuk kaki Utara, Selatan, dan Barat diperoleh nilai kapasitas simpang adalah 866 smp/jam, 953 smp/jam, dan 530 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan adalah 0,75, 1,75, dan 1,03. Panjang antrian adalah 148 meter, 1847 meter, dan 472 meter. Sedangkan nilai tundaan untuk semua jam puncak didapatkan nilai ≥ 40 det/smp dengan jam puncak pagi menghasilkan tundaan tertinggi yaitu 543,22 det/smp sehingga nilai tingkat pelayanan simpang untuk semua jam puncak adalah F.

Dari 4 alternatif yang dicobakan ; Alternatif-1 resetting lampu lalu lintas, alternatif-2 menghilangkan pergerakan di kaki Barat simpang, alternatif-3 pelebaran geometrik, dan alternatif-4 kombinasi antara alternatif-2 dan alternatif-3, maka alternatif -4 merupakan alternatif terbaik dengan menghasilkan nilai kapasitas untuk pendekat Utara 1.024 smp/jam, dan 2.426 smp/jam untuk pendekat Selatan. Nilai derajat kejenuhan untuk pendekat Utara adalah 0,66 dan untuk pendekat Selatan adalah 0,67. Panjang antrian didapatkan nilai 60 meter untuk pendekat Utara, dan 101 meter untuk pendekat Selatan. Tundaan tertinggi yang dihasilkan adalah pada jam puncak sore dengan nilai 11,76 det/smp dengan tingkat pelayanan B untuk jam puncak pagi, siang, dan sore.

Kata Kunci : Kinerja, Simpang Patung Ngurah Rai, Tingkat Pelayanan.

1. PENDAHULUAN

Bali yang memiliki luas wilayah 5.636 km² dan jumlah penduduk mencapai 3,1 juta jiwa dengan kepadatan 517 jiwa/km² menjadikan Propinsi Bali sebagai salah satu daerah dengan kepadatan yang tinggi di Indonesia. Selama ini Bali dikenal sebagai daerah tujuan wisata dimana dalam lima tahun terakhir setiap tahunnya dikunjungi oleh kurang lebih 2 juta wisatawan asing maupun domestik. Salah satu gerbang keluar masuk Pulau Bali adalah Bandara Ngurah Rai. Dari data terakhir tercatat bahwa sekitar 1,5 juta wisatawan (BPS, 2008) yang datang melalui Bandara Ngurah Rai.

Bandara Ngura Rai berlokasi di Kabupaten Badung dengan dikelilingi oleh daerah tujuan wisata seperti Nusa Dua dan Kuta. Ruas jalan eksisting I Gusti Ngurah Rai – Nusa Dua merupakan ruas jalan utama dan salah satu akses dari dan menuju Bandara Ngurah Rai. Salah satu titik simpang yang mempunyai peranan besar sebagai akses masuk Bandara Ngurah Rai adalah Simpang Jalan I Gusti Ngurah Rai – Jalan Airport Ngurah Rai (yang untuk selanjutnya disebut Simpang Patung Ngurah Rai) menjadikan simpang ini semakin penting untuk dikaji.

Dengan padatnya arus lalu lintas pada Simpang Patung Ngurah Rai, masyarakat sering mengalami tundaan yang sangat lama dan antrian yang panjang. Disamping itu belum ada penelitian yang menganalisis tentang kinerja simpang tersebut. Bertitik tolak dari pentingnya peranan Simpang Patung Ngurah Rai diatas, maka atas dasar itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis kinerja dan alternatif pengaturan simpang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kinerja Simpang

Penentuan tingkat kinerja simpang dengan APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) menggunakan indikator sebagai berikut (Departemen P.U., 1997) :

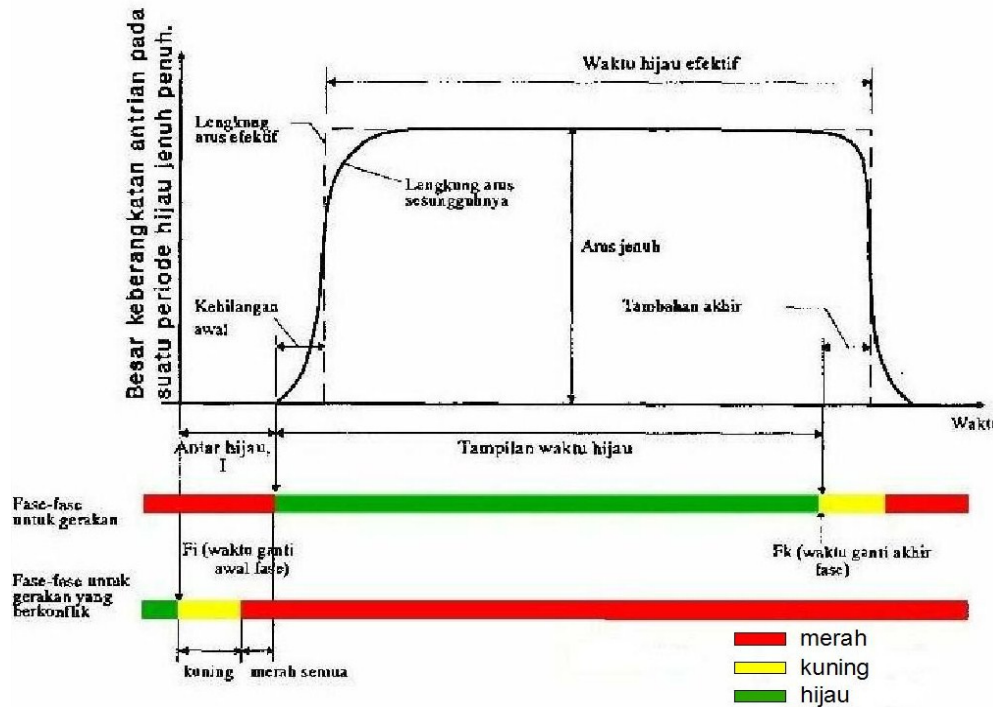
Kapasitas Persimpangan

Kapasitas adalah kemampuan persimpangan untuk menampung arus arus lalu lintas maksimum per satuan waktu dinyatakan dalam smp/jam. Kapasitas pada simpang dihitung pada setiap pendekat ataupun kelompok lajur didalam suatu pendekat. Kapasitas simpang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = S \times g/c \text{ (smp/jam)} \dots \dots \dots (1)$$

◆ **Arus Jenuh (Saturation Flow)**

Arus jenuh adalah jumlah arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau).



Gambar 1. Model Dasar Untuk Arus Jenuh

Pada Gambar 1 dapat dilihat hubungan antara laju pelepasan arus lalu lintas dari mulut persimpangan pada keadaan jenuh selama waktu hijau pada satu siklus. Juga akan terlihat pada saat lampu mulai hijau ada bagian dari waktu yang tidak terpakai karena diperlukan suatu tenggang waktu dari saat lampu mulai menunjukkan hijau dengan reaksi yang timbul dari pengemudi, demikian juga pada akhir phase (pada waktu lampu sedang kuning) ada waktu yang hilang. Sehingga waktu hijau yang efektif digunakan untuk mengalirkan arus lalu lintas tidaklah sama dengan waktu hijau pada lampu.

◆ **Arus Jenuh Dasar (So)**

Arus jenuh dasar adalah besarnya keberangkatan antrian kendaraan didalam pendekat dalam kondisi ideal. Pendekat terlindung (P) Adalah arus berangkat dari pendekat tanpa konflik dengan arus lalu lintas yang berlawanan. Untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (We) yaitu:

$$So = 600 \cdot We \text{ (smp/jam hijau)} \dots \dots \dots (2)$$

◆ **Arus Jenuh Nyata (S)**

Adalah jumlah keberangkatan antrian kendaraan dalam pendekat dengan kondisi yang telah disesuaikan dengan faktor-faktor penyesuaian (ukuran kota, hambatan samping, kelandaian, parkir, belok kanan, dan belok kiri). Arus jenuh nyata dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$S = So \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_P \times F_G \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ (smp/jam hijau)} \dots \dots \dots (3)$$

◆ **Rasio Phase (PR)**

Rasio phase merupakan perbandingan antara ratio arus kritis dengan rasio arus simpang dan juga merupakan persentase dari alokasi waktu hijau. Dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$PR = \frac{Fr_{crit}}{\sum Fr_{crit}} \dots \dots \dots (4)$$

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (*Degree of Saturation*) adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan pada masing-masing pendekat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{Q \cdot x \cdot c}{S \cdot x \cdot g} \dots\dots\dots(5)$$

Panjang Antrian (QL)

Panjang antrian sebagai indikasi panjang antrian kendaraan selama waktu merah. Parameter ini digunakan untuk perencanaan pengendalian parkir tepi jalan atau angkutan umum berhenti, panjang kebutuhan pelebaran persimpangan dan panjang kebutuhan lebar belok kiri boleh langsung. Jumlah antrian (NQ) didapat dari rumus sebagai berikut :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \text{ (meter)} \dots\dots\dots(6)$$

NQ₁ adalah jumlah kendaraan (smp) yang tertinggal pada penyalaan waktu hijau sebelumnya dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times \left\{ (DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0.5)}{C}} \right\} \text{ (meter)} \dots\dots\dots(7)$$

NQ₂ adalah jumlah kendaraan (smp) yang datang selama waktu merah (antrian) dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \text{ (meter)} \dots\dots\dots(8)$$

Perhitungan panjang antrian (QL) didapat dari perkalian antara NQ_{max} dengan rata-rata area yang ditempati tiap smp (20 m²) dan dibagi masuk (W_{masuk}). Seperti terlihat pada rumus berikut :

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \text{ (meter)} \dots\dots\dots(9)$$

Jumlah Kendaraan Terhenti

Angka henti (NS) masing-masing pendekat didefinisikan sebagai jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (smp), ini termasuk henti berulang dalam antrian sebelum melewati garis henti simpang. Dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \text{ (stop/smp)} \dots\dots\dots(10)$$

Tundaan (delay)

Tundaan (*delay*) adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati simpang. Tundaan pada persimpangan terdiri atas 2 (dua) komponen yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometrik (DG). Dihitung dengan dengan rumus sebagai berikut :

$$D = DT + DG \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots(11)$$

- Tundaan lalu lintas (DT) yaitu akibat interaksi antara lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang. Seperti kemacetan pada lihir (pintu keluar) dan pengaturan manual oleh polisi, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \text{ (det/smp)} \dots\dots\dots(12)$$

- Tundaan geometrik adalah tundaan akibat perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang atau akibat terhenti karena lampu merah. Dihitung dengan dengan rumus sebagai berikut :

$$DG = (1 - Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4) \text{ (detik/smp)} \dots\dots\dots(13)$$

- Tundaan rata-rata simpang (D_i) adalah jumlah tundaan rata-rata tiap pendekat dikalikan dengan arus tiap pendekat $\sum (Q \times D_i)$ dibagi dengan arus lalu lintas total (Q_{tot}). Dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$D_i = \frac{\sum (Q \times D_i)}{Q_{tot}} \text{ (detik/smp)} \dots\dots\dots(14)$$

Tingkat Pelayanan Simpang (Level of Service)

Tingkat pelayanan adalah ukuran kualitas kondisi lalu lintas yang dapat diterima oleh pengemudi kendaraan. Tingkat pelayanan umumnya digunakan sebagai ukuran dari pengaruh yang membatasi akibat peningkatan volume setiap ruas jalan yang dapat digolongkan pada tingkat tertentu yaitu antara A sampai F, yang mencerminkan kondisinya pada kebutuhan atau volume pelayanan tertentu. Apabila volume meningkat maka tingkat pelayanan

menurun, suatu akibat dari arus lalu lintas yang lebih buruk dalam kaitannya dengan karakteristik pelayanan. Hubungan tundaan (*Delay*) dengan tingkat pelayanan sebagai acuan penilaian persimpangan, seperti Tabel 1.

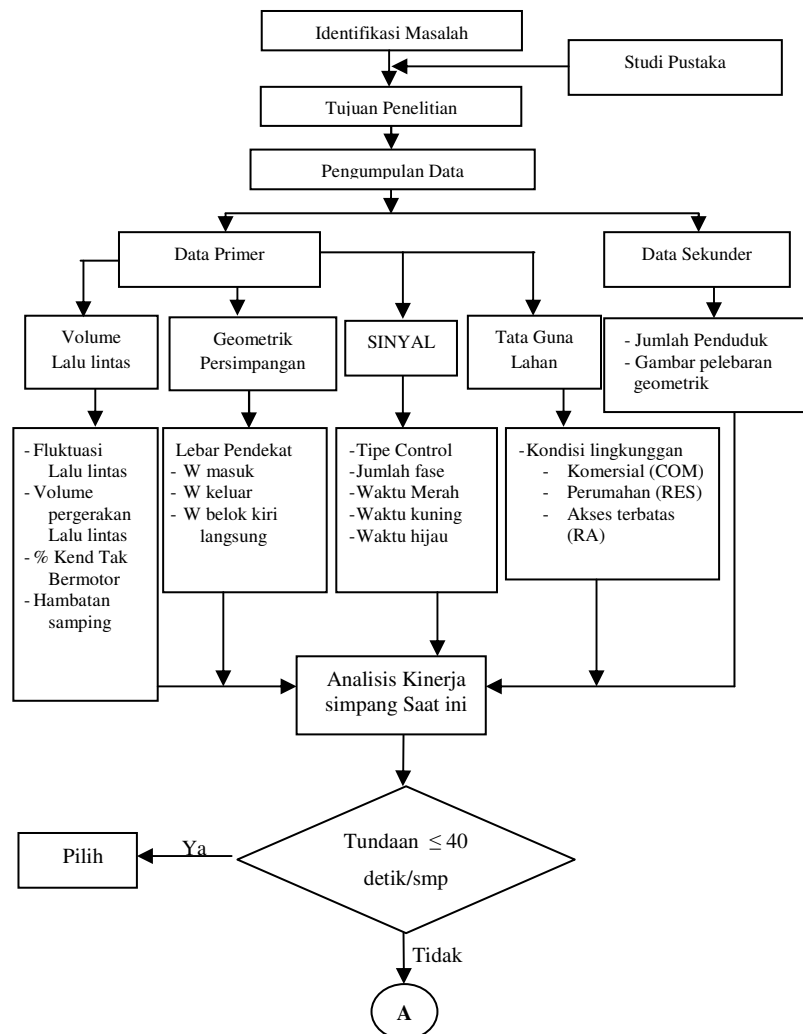
Tabel 1. Tingkat Pelayanan Simpang

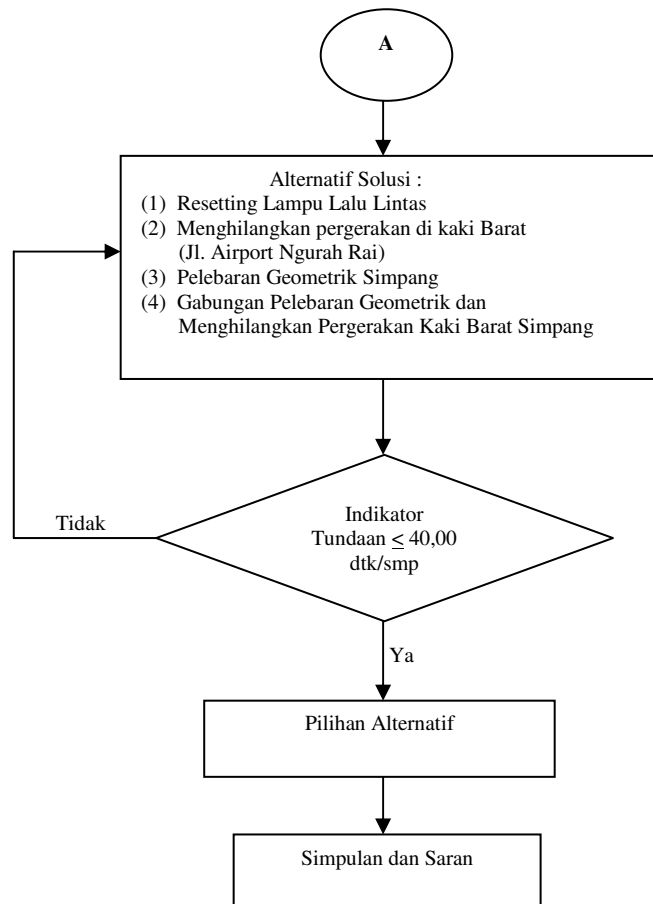
Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
≤ 5	A
$> 5,00 - \geq 15,00$	B
$> 15,00 - \geq 25,00$	C
$> 25,00 - \geq 40,00$	D
$> 40,00 - \geq 60,00$	E
> 60	F

Sumber : TRB, Highway Capacity Manual, Washington DC, 1994

3. METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian ini akan dijelaskan langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian di Simpang Patung Ngurah Rai yang merupakan simpul pertemuan Jalan I Gusti Ngurah Rai – Jalan Airport Ngurah Rai. Dalam pelaksanaannya terlebih dahulu dibuat suatu rancangan penelitian yang memuat titik awal hingga akhir penelitian tersebut. Rancangan kegiatan ini dimaksudkan sebagai penuntun dalam penyusunan langkah-langkah penelitian, sehingga penelitian yang dilakukan akan tersusun secara sistematis. Adapun rancangan penelitian tersebut adalah seperti pada Gambar 2.





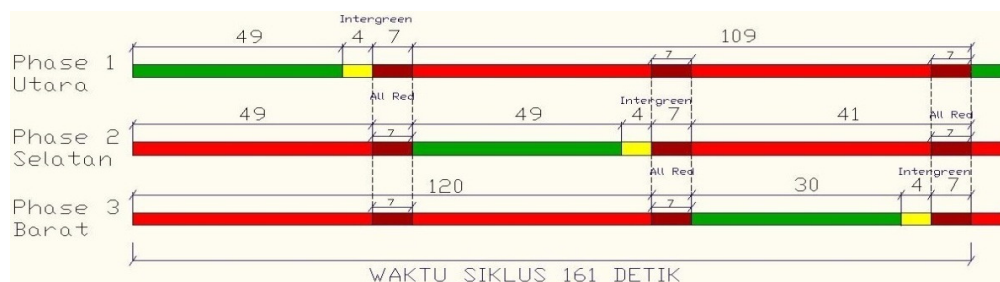
Gambar 2. Rancangan Penelitian

Dari rancangan penelitian diatas dapat dilihat bahwa sistematika penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah sampai dengan ke tahap pengumpulan data yang mana terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer terdiri dari volume lalu lintas, geometrik persimpangan, sinyal, dan tata guna lahan, sedangkan data sekunder yang digunakan adalah jumlah penduduk dan gambar pengaturan ulang simpang. Setelah itu dilakukan evaluasi kinerja simpang dengan melihat indikator kapasitas, derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan. Jika nilai tundaan ≥ 40 detik/smp akan dilakukan alternatif pengaturan ulang yaitu (1) *Resetting* lampu lalu lintas, (2) Menghilangkan pergerakan menuju simpang pada pendekatan Barat, (3) Pelebaran geometrik, dan (4) Kombinasi antara penghilangan pergerakan di kaki Barat dengan pelebaran geometrik. Dari keempat alternatif tersebut dicari nilai tundaan ≤ 40 detik/smp dan dipilih sebagai alternatif terbaik dalam penelitian. Selanjutnya diperoleh kesimpulan dan diberikan saran-saran berdasarkan dari hasil analisis kinerja Simpang Patung Ngurah Rai.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Eksisting

Data operasional lampu lalu lintas pada kinerja simpang eksisting adalah waktu hijau phase 1 dan 2 masing-masing 49 detik, hijau phase 3 adalah 30 detik dan waktu siklus 161 detik dengan LTI 33 detik seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Waktu Pengaturan Lampu Lalu Lintas Eksisting

- Arus Jenuh Nyata (S)
Nilai arus jenuh nyata kinerja simpang eksisting adalah untuk pendekat Utara sebesar 2.223 smp/jam, pendekat Selatan adalah 2.166 smp/jam, dan pendekat Barat adalah 1.767 smp/jam.
- Kapasitas (C)
Nilai Kapasitas simpang eksisting dicari dengan persamaan (1) sehingga menghasilkan nilai kapasitas untuk pendekat Utara adalah 676 smp/jam, pendekat Selatan adalah 658 smp/jam, dan pendekat Barat adalah 329 smp/jam.
- Derajat Kejenuhan (DS)
Nilai derajat kejenuhan untuk kinerja simpang eksisting dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Derajat Kejenuhan (DS)

Kaki Persimpangan	Derajat Kejenuhan		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	0,72	0,94	0,97
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	2,66	2,48	2,54
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	1,45	2,00	1,80

- Panjang Antrian (QL)
Untuk nilai panjang antrian dicari dengan persamaan (9) sehingga didapat nilai panjang antrian kinerja eksisting simpang pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Panjang Antrian (QL)

Kaki Persimpangan	QL (meter)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	154	236	267
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	6.128	5.112	5.418
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	896	1.845	1.490

- Rata-Rata Tundaan Seluruh Lengan Simpang
Rata-rata tundaan seluruh lengan Simpang Patung Ngurah Rai eksisting pada jam puncak pagi, siang, dan sore adalah sebagai berikut :

$$D_{\text{pagi}} = \frac{6.079.038,35}{5206} = 1.167,69 \text{ det/smp}$$

$$D_{\text{siang}} = \frac{5959500,15}{5883} = 1.013,00 \text{ det/smp}$$

$$D_{\text{malam}} = \frac{5.993.542,84}{6109} = 981,10 \text{ det/smp}$$

Dari perhitungan diatas maka kinerja simpang eksisting dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Kinerja Simpang Patung Ngurah Rai eksisting

Kaki Simpang	Jam Puncak Pagi					
	C (smp/jam)	DS	NQ (smp)	NS (stop/smp)	D (dtk/smp)	TP
JL. I Gst Ngurah Rai (Utara)	676	0,72	20,52	0,84	1.167,69	F
JL. I Gst Ngurah Rai (Selatan)	658	2,66	831,93	9,57		
JL. Airport Ngurah Rai (Barat)	329	1,45	99,81	4,22		
Kaki Simpang	Jam Puncak Siang					
	C (smp/jam)	DS	NQ (Smp)	NS (stop/smp)	D (dtk/smp)	TP
JL. I Gst Ngurah Rai (Utara)	676	0,94	33,31	1,06	1.013,00	F
JL. I Gst Ngurah Rai (Selatan)	658	2,48	694,93	8,56		
JL. Airport Ngurah Rai (Barat)	329	2,00	204,13	6,24		
Kaki Simpang	Jam Puncak Sore					
	C (smp/jam)	DS	NQ (Smp)	NS (stop/smp)	D (dtk/smp)	TP
JL. I Gst Ngurah Rai (Utara)	676	0,97	37,35	1,15	981,10	F
JL. I Gst Ngurah Rai (Selatan)	658	2,54	736,4	8,86		
JL. Airport Ngurah Rai (Barat)	329	1,80	165,6	5,63		

C = Kapasitas, DS = Derajat Kejenuhan, NQ : Antrian Total, NS = Kendaraan Henti, D : Tundaan, TP : Tingkat Pelayanan

Kinerja Simpang dengan Memperhitungkan Pelabrakan Lajur

Dengan pelabrakan lajur, maka lebar efektif yang digunakan pada saat kendaraan melewati pendekat bertambah sehingga arus jenuh dan indikator kinerja simpang otomatis juga akan berubah, sedangkan untuk pengaturan lampu

lalu lintas sama dengan perhitungan kinerja eksisting. Adapun perhitungan kinerja simpang dengan memperhitungkan pelabrakan lajur adalah sebagai berikut.

- Arus Jenuh Nyata (S)
Nilai arus jenuh nyata kinerja simpang dengan pelabrakan lajur adalah untuk pendekat Utara sebesar 2.850 smp/jam, pendekat Selatan adalah 3.135 smp/jam, dan pendekat Barat adalah 2.850 smp/jam.
- Kapasitas (C)
Nilai Kapasitas simpang dengan pelabrakan lajur dicari dengan melihat persamaan (1) sehingga menghasilkan nilai kapasitas untuk pendekat Utara adalah 866 smp/jam, pendekat Selatan adalah 953 smp/jam, dan pendekat Barat adalah 530 smp/jam.
- Derajat Kejenuhan (DS)
Nilai derajat kejenuhan untuk kinerja simpang dengan pelabrakan lajur dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai Derajat Kejenuhan (DS)

Kaki Persimpangan	Derajat Kejenuhan		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	0,57	0,73	0,75
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	1,84	1,71	1,75
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	0,89	1,24	1,03

- Panjang Antrian (QL)
Untuk nilai panjang antrian dicari dengan persamaan (9) sehingga didapat nilai panjang antrian kinerja eksisting simpang pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Panjang Antrian (QL)

Kaki Persimpangan	QL (meter)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	104	148	152
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	2222	1847	2000
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	120	472	240

- Rata-Rata Tundaan Seluruh Lengan Simpang
Nilai rata-rata tundaan pada seluruh lengan simpang Patung Ngurah Rai pada jam puncak pagi, siang, dan sore dengan pelabrakan lajur adalah sebagai berikut :

$$D_{\text{pagi}} = \frac{2.828.011,63}{5206} = 543,22 \text{ det/smp} ; D_{\text{siang}} = \frac{2.435.476,02}{5883} = 413,99 \text{ det/smp}$$

$$D_{\text{sore}} = \frac{2.476.922,31}{6109} = 405,45 \text{ det/smp}$$

Dari perhitungan diatas maka kinerja simpang eksisting dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Kinerja Simpang Patung Ngurah Rai dengan Pelabrakan Lajur

Kaki Simpang	Jam Puncak Pagi					
	C (smp/jam)	DS	NQ (smp)	NS (stop/smp)	D (dtk/smp)	TP
JL. I Gst Ngurah Rai (Utara)	866	0,57	18,68	0,76	543,22	F
JL. I Gst Ngurah Rai (Selatan)	953	1,84	505,86	5,82		
JL. Airport Ngurah Rai (Barat)	530	0,89	21,31	0,90		
Kaki Simpang	Jam Puncak Siang					
	C (smp/jam)	DS	NQ (Smp)	NS (stop/smp)	D (dtk/smp)	TP
JL. I Gst Ngurah Rai (Utara)	866	0,73	26,17	0,83	413,99	F
JL. I Gst Ngurah Rai (Selatan)	953	1,71	419,73	5,17		
JL. Airport Ngurah Rai (Barat)	530	1,24	89,43	2,73		
Kaki Simpang	Jam Puncak Sore					
	C (smp/jam)	DS	NQ (Smp)	NS (stop/smp)	D (dtk/smp)	TP
JL. I Gst Ngurah Rai (Utara)	866	0,75	27,21	0,84	405,45	F
JL. I Gst Ngurah Rai (Selatan)	953	1,75	454,28	5,47		
JL. Airport Ngurah Rai (Barat)	530	1,03	43,13	1,47		

C = Kapasitas, DS = Derajat Kejenuhan, NQ : Antrian Total, NS = Kendaraan Henti, D : Tundaan, TP : Tingkat Pelayanan

1. Alternatif-1 : Analisis Pengaturan Ulang Lampu Lalu-lintas (Resetting)

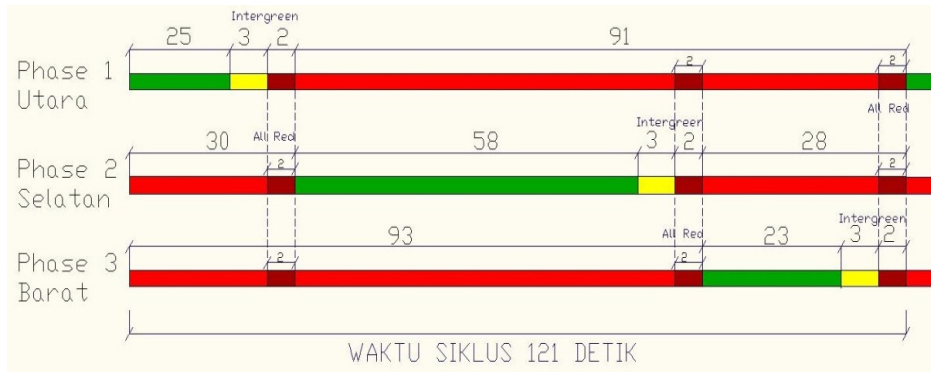
Alternatif pertama ini adalah dengan melakukan pengaturan ulang lampu lalu lintas yang biasa dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang. Nilai arus jenuh nyata digunakan sama dengan nilai arus jenuh nyata pada kinerja eksisting. Adapun hasil analisis alternatif-1 ini adalah sebagai berikut :

Data operasional lampu lalu lintas pada kinerja simpang dengan alternatif-1 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Waktu Hijau (g) Alternatif-1

Kaki Persimpangan	Waktu hijau (dtk)		
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	23	26	25
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	70	59	58
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	22	26	23

Dari nilai waktu hijau alternatif-1 diatas, maka diagram waktu pengaturan lampu lalu lintas adalah seperti Gambar 6.



Gambar 4. Diagram Waktu Pengaturan Lampu Lalu lintas Alternatif-1

- Kapasitas (C)

Nilai Kapasitas simpang eksisting dicari dengan persamaan (1) dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Kapasitas (C) Alternatif-1

Kaki Persimpangan	Kapasitas (smp/jam)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	504	588	590
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	1688	1468	1502
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	482	588	542

- Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan dicari dengan persamaan (5) dan didapatkan nilai derajat kejenuhan seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Alternatif-1

Kaki Persimpangan	Derajat Kejenuhan		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	0,98	1,08	1,10
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	1,04	1,11	1,11
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	0,98	1,12	1,09

- Panjang Antrian (QL)

Panjang antrian dicari dengan persamaan (9) sehingga didapat nilai panjang antrian simpang alternatif-1 seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Panjang Antrian (QL) Alternatif-1

Kaki Persimpangan	QL (meter)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	148	272	292
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	513	709	716
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	148	332	264

- Tundaan (D) Total

Nilai tundaan total simpang Patung Ngurah Rai dengan alternatif-1 dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai Tundaan Total Alternatif-1

Kaki Persimpangan	Nilai Tundaan Total (detik)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (U)	59.010,48	148.565,10	172.777,27
Jl. I Gusti Ngurah Rai (S)	226.600,44	409.039,22	417.046,96
Jl. Airport Ngurah Rai (B)	58.133,88	197.314,46	149.053,76
STOR +LTOR	14.934	17.748	19.152

- Rata-Rata Tundaan Seluruh Lengan Simpang

Nilai rata-rata tundaan seluruh lengan Simpang Patung Ngurah Rai pada jam puncak pagi, siang, dan sore dengan alternatif-1 adalah sebagai berikut :

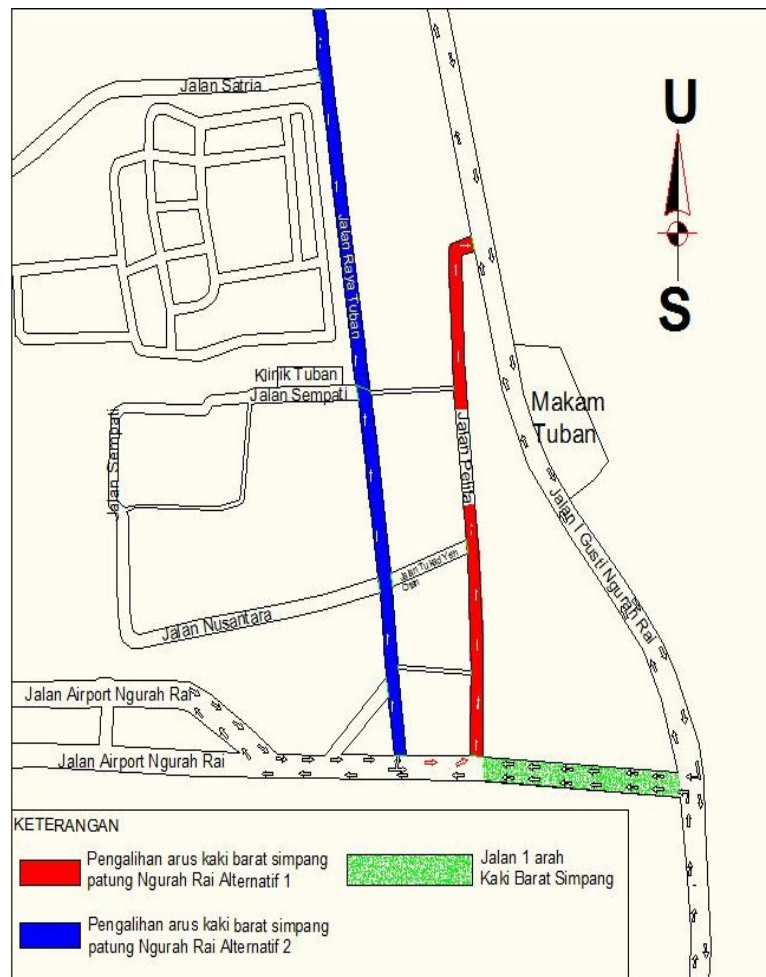
$$D_{\text{pagi}} = \frac{358.678,80}{5.206} = 68,89 \text{ det/smp}; D_{\text{siang}} = \frac{772.666,78}{5883} = 131,34 \text{ det/smp}$$

$$D_{\text{sore}} = \frac{758.029,99}{6.109} = 124,08 \text{ det/smp}$$

Dari nilai tundaan pada analisis kinerja simpang alternatif-1 didapatkan nilai tingkat layanan simpang F pada seluruh jam puncak sehingga belum memenuhi persyaratan nilai tundaan ≤ 40 detik/smp

2. Alternatif-2 : Menghilangkan Pergerakan di Kaki Barat (Jl.Airport Ngurah Rai)

Alternatif-2 ini adalah dengan menghilangkan pergerakan arus lalu lintas dari pendekatan Barat simpang sehingga pengaturan menjadi 2 phase dengan waktu siklus yang lebih pendek. Dimana pengalihan arusnya akan melalui Jalan Pelita dan juga melalui Jalan Raya Tuban. Untuk yang melalui Jalan Pelita diutamakan adalah pengendara sepeda motor karena jalan ini merupakan jalan lokal. Sedangkan untuk arus yang dialihkan melalui Jalan Raya Tuban, dapat keluar melalui jalan Ken Dedes maupun langsung menuju Simpang Patung Dewa Ruci. Pengaturan alternatif-2 dapat dilihat pada Gambar 5.



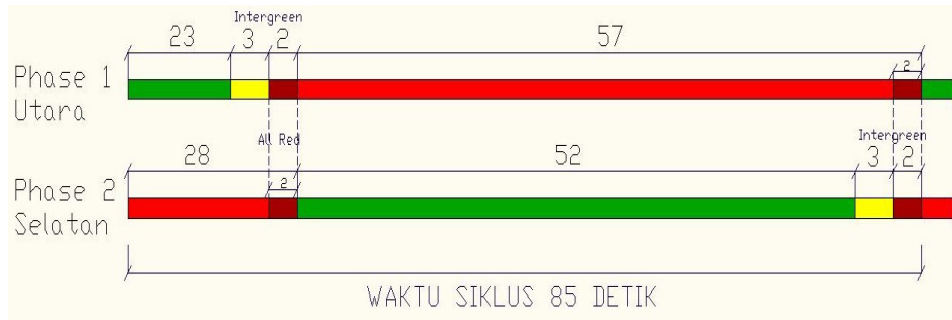
Gambar 5. Pengalihan Arus dari Kaki Barat

Data operasional lampu lalu lintas pada kinerja simpang dengan alternatif-2 dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Perhitungan Waktu Hijau Alternatif-2

Kaki Persimpangan	Waktu hijau (g) (dtk)		
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	16	21	23
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	49	48	52

Dari nilai waktu hijau alternatif-2 diatas, maka diagram waktu pengaturan lampu lalu lintas adalah seperti Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Waktu Pengaturan Lampu Lalu lintas Alternatif-2

- Arus Jenuh Nyata (S)
Nilai arus jenuh nyata kinerja simpang eksisting adalah untuk pendekat Utara sebesar 2.850 smp/jam, dan pendekat Selatan adalah 3.135 smp/jam.
- Kapasitas (C)
Nilai Kapasitas simpang eksisting dicari dengan persamaan (1) dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai Kapasitas (C) Alternatif-2

Kaki Persimpangan	Kapasitas (smp/jam)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	608	757	771
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	2048	1905	1918

- Derajat Kejenuhan (DS)
Derajat kejenuhan dicari dengan persamaan (5) dan didapatkan nilai derajat kejenuhan seperti pada Tabel 14.

Tabel 14. Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Alternatif-2

Kaki Persimpangan	Derajat Kejenuhan		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	0,81	0,84	0,85
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	0,85	0,86	0,87

- Panjang Antrian (QL)
Panjang antrian dicari dengan persamaan (9) sehingga didapat nilai panjang antrian simpang alternatif-2 seperti pada Tabel 15.

Tabel 15. Nilai Panjang Antrian (QL) Alternatif-2

Kaki Persimpangan	QL (meter)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	72	88	104
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	156	164	182

- Tundaan (D) Total
Nilai tundaan total simpang Patung Ngurah Rai dengan alternatif-2 dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Nilai Tundaan (D) Total Alternatif-2

Kaki Persimpangan	Nilai Tundaan Rata-Rata (detik/smp)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	20.388,48	26.060,61	28.614,46
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	30.992,28	33.088,5	37.620,00
LTOR + STOR	13.530	15.018	15.912
ΣD	64.910,76	74.167,11	82.146,46

- Rata-Rata Tundaan Seluruh Lengan Simpang
Nilai rata-rata tundaan seluruh lengan Simpang Patung Ngurah Rai pada jam puncak pagi, siang, dan sore dengan alternatif-2 adalah sebagai berikut :

$$D_{\text{pagi}} = \frac{64.910,76}{4.496} = 14,44 \text{ det/smp}; D_{\text{siang}} = \frac{74.167,11}{4.770} = 15,55 \text{ det/smp}$$

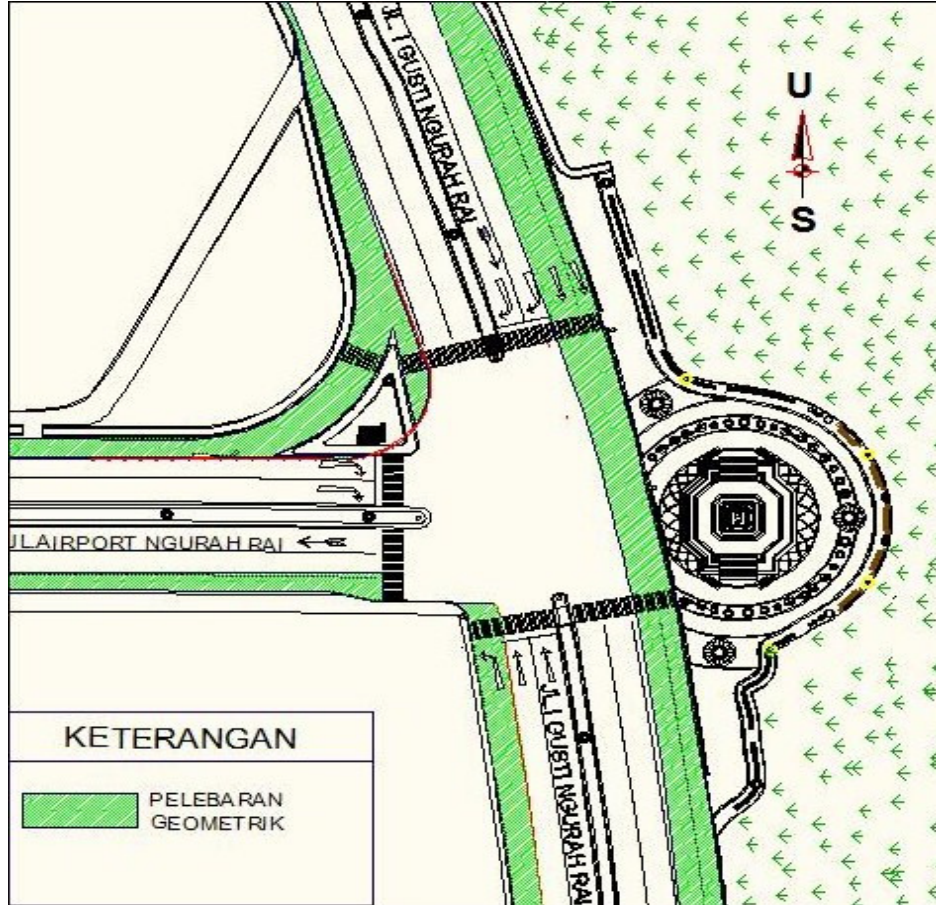
$$D_{\text{sore}} = \frac{82.146,46}{4977} = 16,50 \text{ det/smp}$$

Dari nilai tundaan pada analisis kinerja simpang alternatif-2 didapatkan nilai tingkat pelayanan simpang B pada jam puncak pagi, siang, dan sore yang sebenarnya sudah mampu untuk mengatasi masalah di Simpang Patung

Ngurah Rai. Tetapi untuk mendapatkan alternatif terbaik, akan tetap dicobakan pengaturan alternatif-3 dan alternatif-4 untuk nantinya didapatkan hasil yang paling optimal.

3. Alternatif -3 : Perbaikan Geometrik Simpang

Alternatif-3 dari pengaturan Simpang Patung Ngurah Rai adalah dengan melakukan pelebaran geometrik pada simpang eksisting dengan menambah lajur untuk pendekat Utara dan Selatan, sedangkan untuk pendekat Barat dibuatkan lajur belok kiri khusus. Dimana untuk kaki Utara menjadi 2 lajur belok kanan dan 2 lajur lurus, kaki Selatan menjadi 2 lajur lurus dan 1 lajur belok kiri, dan kaki Barat menjadi 2 lajur belok kanan dan lajur belok kiri terpisah. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 7.

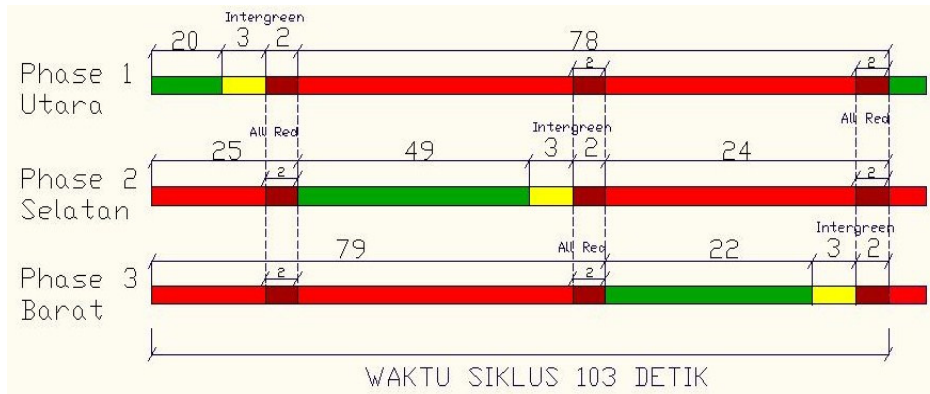


Gambar 7. Perbaikan Geometrik Simpang Patung Ngurah Rai

Data operasional lampu lalu lintas pada kinerja simpang dengan alternatif-3 dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Perhitungan Waktu Hijau (g) Alternatif-3

Kaki Persimpangan	Waktu hijau (g) (dtk)		
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	13	20	22
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	46	49	55
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	13	19	19



Gambar 8. Diagram Waktu Pengaturan Lampu Lalu lintas Alternatif-3

- Arus Jenuh Nyata (S)
Nilai arus jenuh nyata kinerja simpang alternatif-3 adalah untuk pendekat Utara sebesar 3.990 smp/jam, pendekat Selatan adalah 3.990 smp/jam dan pendekat Barat adalah 4.075 smp/jam.
- Kapasitas (C)
Nilai kapasitas simpang eksisting dicari dengan persamaan (1) dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 18.

Tabel 18. Nilai Kapasitas (C) Alternatif-3

Kaki Persimpangan	Kapasitas (smp/jam)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	603	774	791
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	2134	1899	1977
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	616	749	697

- Derajat Kejenuhan (DS)
Derajat kejenuhan dicari dengan persamaan (5) dan didapatkan nilai derajat kejenuhan seperti pada Tabel 19.

Tabel 19. Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Alternatif-3

Kaki Persimpangan	Derajat Kejenuhan		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	0,81	0,82	0,83
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	0,82	0,86	0,85
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	0,77	0,88	0,85

- Panjang Antrian (QL)
Panjang antrian dicari dengan persamaan (9) sehingga didapat nilai panjang antrian simpang alternatif-3 seperti pada Tabel 20.

Tabel 20. Nilai Panjang Antrian (QL) Alternatif-3

Kaki Persimpangan	QL (meter)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	57,14	80,08	85,71
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	142,86	177,32	185,71
Jl. Airport Ngurah Rai (Barat)	53,15	86,49	81,12

- Tundaan (D) Total
Nilai tundaan total Simpang Patung Ngurah Rai dengan alternatif -3 dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Nilai Tundaan Total Alternatif-3

Kaki Persimpangan	Nilai Tundaan Total (detik/smp)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (U)	23.994,84	32.764,08	35.895,41
Jl. I Gusti Ngurah Rai (S)	40.314,45	53.791,28	63.629,75
Jl. Airport Ngurah Rai (B)	21.281,96	37.683,66	42.077,89
STOR +LTOR	14.934	17.748	19.152

- Rata-Rata Tundaan Seluruh Lengan Simpang
Nilai rata-rata tundaan seluruh lengan Simpang Patung Ngurah Rai untuk jam puncak pagi, siang, dan sore dengan alternatif-3 adalah sebagai berikut :

$$D_{\text{pagi}} = \frac{100.525,25}{5206} = 19,31 \text{ det/smp}; D_{\text{siang}} = \frac{141987,02}{5883} = 24,13 \text{ det/smp}$$

$$D_{\text{score}} = \frac{160.755,05}{6109} = 26,31 \text{ det/smp}$$

Dari nilai tundaan pada analisis kinerja simpang alternatif-3 sebenarnya sudah efektif untuk meningkatkan nilai kinerja Simpang Patung Ngurah Rai, terlihat dari jam puncak pagi dan siang yang mempunyai nilai tundaan ≤ 40 detik/smp dengan tingkat pelayanan simpang C untuk seluruh jam puncak. Dengan nilai tingkat pelayanan yang relatif sama dengan alternatif-2 sehingga masih perlu untuk dicobakan alternatif-4 untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

4. Alternatif-4 :Kombinasi antara Alternatif-2 dan Alternatif-3

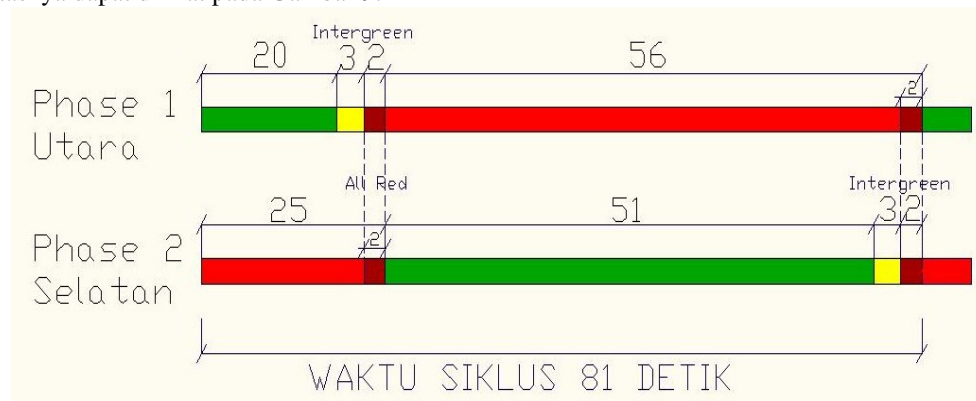
Alternatif-4 ini merupakan alternatif terakhir yang akan dianalisis dimana alternatif-4 menggabungkan konsep pada alternatif-2 dan alternatif-3 yang telah dianalisis sebelumnya. Adapun analisisnya adalah sebagai berikut :

Data operasional lampu lalu lintas pada kinerja simpang dengan alternatif-3 dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22. Perhitungan Waktu Hijau (g) Alternatif-4

Kaki Persimpangan	Waktu hijau (dtk)		
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	13	19	20
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	44	45	51

Dari Tabel 22 perhitungan waktu hijau untuk alternatif-4 tersebut, maka diagram waktu pengaturan lampu lalu lintasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Waktu Pengaturan Lampu Lalu lintas Alternatif-4

- Arus Jenuh Nyata (S)
Nilai arus jenuh nyata kinerja simpang alternatif-4 adalah untuk pendekat Utara sebesar 3.990 smp/jam, dan pendekat Selatan adalah 3.990 smp/jam.
- Kapasitas (C)
Nilai Kapasitas simpang dengan pengaturan alternatif-4 dicari dengan persamaan (1) dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 23.

Tabel 23. Nilai Kapasitas (C) Alternatif-4

Kaki Persimpangan	Kapasitas (smp/jam)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	774	1024	982
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	2620	2426	2510

- Derajat Kejenuhan (DS)
Derajat kejenuhan dicari dengan persamaan (5) dan didapatkan nilai derajat kejenuhan seperti pada Tabel 24.

Tabel 24. Nilai Derajat Kejenuhan (DS) Alternatif-4

Kaki Persimpangan	Derajat Kejenuhan		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	0,64	0,62	0,66
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	0,67	0,67	0,67

- Panjang Antrian (QL)
Panjang antrian dicari dengan persamaan (9) sehingga didapat nilai panjang antrian simpang alternatif-4 seperti pada Tabel 25.

Tabel 25. Nilai Panjang Antrian (QL) Alternatif-4

Kaki Persimpangan	QL (meter)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Utara)	40,00	51,43	60,06
Jl. I Gusti Ngurah Rai (Selatan)	82,86	91,43	100,10

- Tundaan (D) Total
 Nilai tundaan total Simpang Patung Ngurah Rai dengan alternatif-3 dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26. Nilai Tundaan Total Alternatif-4

Kaki Persimpangan	Nilai Tundaan Total (detik/smp)		
	Puncak Pagi	Puncak Siang	Puncak Sore
Jl. I Gusti Ngurah Rai (U)	14.841,18	17.015,04	21411,87
Jl. I Gusti Ngurah Rai (S)	18.749,28	21.797,56	21200,96
STOR +LTOR	14.934	17.748	19.152
ΣD	47.120,46	53.830,60	58524,83

- Rata-Rata Tundaan Seluruh Lengan Simpang
 Nilai rata-rata tundaan seluruh lengan simpang alternatif-4 adalah untuk puncak pagi rata-rata tundaanya 10,48 detik/smp, puncak siang 11,28 detik/smp, dan puncak sore 11,76 detik/smp.
 Dari nilai tundaan pada analisis kinerja simpang alternatif-4 ternyata nilai rata-rata tundaan seluruh lengan simpang dari jam puncak pagi sampai sore semuanya memiliki nilai ≤ 40 detik/smp. Dengan tingkat pelayanan simpang adalah B, untuk seluruh jam puncak.

Dari keseluruhan analisis kinerja Simpang Patung Ngurah Rai, maka akan dilihat alternatif mana yang terbaik untuk meningkatkan kinerja simpang. Terlihat pada Tabel 27, maka alternatif-4 (yaitu kombinasi dari alternatif-2 penghilangan pergerakan dari kaki Barat simpang dengan alternatif-3 pelebaran geometrik) adalah alternatif terbaik dalam peningkatan kinerja Simpang Patung Ngurah Rai, dengan nilai tundaan ≤ 20 detik/smp untuk semua jam puncak dengan tingkat pelayanan pada jam puncak pagi, siang dan sore adalah B. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Rangkuman Hasil Analisis

Kondisi	Indikator Kinerja Simpang Patung Ngurah Rai														
	(C) Kapasitas (smp/jam)			(DS) Derajat Kejenuhan			(QL) Panjang Antrian (meter)			(D) Tundaan (det/smp)			(TP) Tingkat Pelayanan Simpang		
	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore
Eksisting - Utara - Selatan - Barat	676	676	676	0,72	0,94	0,97	154	236	267	1167,7	1013,0	981,1	F	F	F
	658	658	658	2,66	2,48	2,54	6128	5112	5418						
	329	329	329	1,45	2,00	1,80	896	1845	1490						
Pelabrakan Lajur - Utara - Selatan - Barat	866	866	866	0,57	0,73	0,75	104	148	152	543,22	413,99	405,45	F	F	F
	953	953	953	1,84	1,71	1,75	2222	1847	2000						
	530	530	530	0,89	1,24	1,03	120	472	240						
Alternatif 1 - Utara - Selatan - Barat	504	588	590	0,98	1,08	1,10	148	272	292	68,89	131,34	124,08	F	F	F
	1688	1468	1502	1,04	1,11	1,11	513	709	716						
	482	588	542	0,98	1,12	1,09	148	332	264						
Alternatif 2 - Utara - Selatan	608	757	771	0,81	0,84	0,85	72	88	104	14,44	15,55	16,50	B	C	C
	2048	1905	1918	0,85	0,86	0,87	156	164	182						
	603	774	791	0,81	0,82	0,83	57	126	86						
Alternatif 3 - Utara - Selatan - Barat	2134	1899	1977	0,82	0,86	0,85	143	278	186	19,31	24,13	26,31	C	C	C
	616	749	697	0,77	0,88	0,85	53	129	81						
	774	1024	982	0,64	0,62	0,66	40	51	60						
Alternatif 4 - Utara - Selatan	2620	2426	2510	0,67	0,67	0,67	83	91	101	10,48	11,28	11,76	B	B	B

Terlihat pada Tabel 27, nilai alternatif-4 yaitu kombinasi antara alternatif-2 dan alternatif-3 memang pilihan terbaik dibandingkan alternatif sebelumnya, namun berdasarkan perhitungan pertumbuhan arus lalu lintas untuk tahun-tahun kedepan yang diproyeksi dari tingkat kepemilikan kendaraan di daerah SARBAGITA maka pemilihan

alternatif ini hanya akan bertahan selama 5 tahun dihitung dari mulainya diterapkan, sehingga saat itu perlu dilakukan re-evaluasi.

5. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan analisis yang telah dijabarkan maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis kinerja Simpang Patung Ngurah Rai eksisting untuk kaki Utara, Selatan dan Barat menghasilkan nilai kapasitas sebesar 866 smp/jam, 953 smp/jam, dan 530 smp/jam. Panjang antrian adalah 148 meter, 1.847 meter, dan 472 meter. Nilai derajat kejenuhan adalah 0,75, 1,75, 1,03. Untuk rata-rata tundaan seluruh lengan simpang adalah 543,22 detik/smp dengan tingkat pelayanan pada seluruh jam puncak adalah F.
2. Hasil analisis kinerja Simpang Patung Ngurah Rai alternatif-1 sampai alternatif-4 didapat analisis alternatif-1 untuk kaki Utara, Selatan dan Barat menghasilkan kapasitas 590 smp/jam, 1.502 smp/jam, dan 542 smp/jam. Panjang antrian adalah 292 meter, 716 meter, dan 264 meter. Nilai derajat kejenuhan adalah 1,10, 1,11, dan 1,09. Untuk rata-rata tundaan seluruh lengan simpang adalah 131,34 detik/smp dengan tingkat pelayanan pada seluruh jam puncak adalah F. Analisis alternatif-2 untuk kaki Utara dan Selatan menghasilkan kapasitas sebesar 757 smp/jam, dan 1.905 smp/jam. Panjang antrian adalah 104 meter, dan 182 meter. Nilai derajat kejenuhan adalah 0,85 , dan 0,87. Untuk rata-rata tundaan seluruh lengan simpang adalah 26,31 detik/smp dengan tingkat pelayanan pada jam puncak pagi adalah B, dan C untuk jam puncak siang dan sore. Analisis alternatif-3 untuk kaki Utara, Selatan dan Barat menghasilkan kapasitas sebesar 791 smp/jam, 1.977 smp/jam, dan 697 smp/jam. Panjang antrian adalah 126 meter, 278 meter, dan 129 meter. Nilai derajat kejenuhan adalah 0,83, 0,85, dan 0,85. Untuk rata-rata tundaan seluruh lengan simpang adalah 26,31 detik/smp dengan tingkat pelayanan C untuk semua jam puncak. Analisis alternatif-4 untuk kaki Utara dan Selatan menghasilkan kapasitas sebesar 1.024 smp/jam dan 2.426 smp/jam. Panjang antrian adalah 60 meter dan 101 meter. Nilai derajat kejenuhan adalah 0,66, dan 0,67. Untuk rata-rata tundaan seluruh lengan simpang adalah 11,76 detik/smp dengan tingkat pelayanan B untuk semua jam puncak.

Saran

Berdasarkan kajian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis alternatif pengaturan simpang , direkomendasikan alternatif-4 yaitu kombinasi antara penghilangan arus dari kaki Barat simpang dengan pelebaran geometrik sebagai alternatif terbaik untuk direalisasikan.
2. Dari hasil analisis dapat disarankan bahwa perlu dilakukan re-evaluasi 5 tahun setelah mulai diterapkan pengaturan simpang alternatif-4.
3. Untuk pengelolaan di masa mendatang perlu diterapkan *Transport Demand Management* (TDM) yang mana perbaikan suatu sistem transportasi tidak hanya berorientasi pada penambahan infrastruktur (*supply management*) tetapi dapat diantisipasi dengan mengendalikan *demand* (arus lalu lintas).

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. (1997) *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Khisty, C.J dan Lall, B.K. (2005) *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1*, Erlangga, Jakarta
- Klakson H.O & Gery. R. (1993) *Teknik Jalan Raya*, Erlangga, Jakarta.
- Tamin, O.Z. (2000) *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, ITB, Bandung.
- Transportation Research Board. (1994) *Highway Capacity Manual*, Washington DC.
- Warpani, S.(1993) *Rekayasa Lalu-Lintas*, Jakarta.

KoNTekS 4, UNUD-UAJY-UPH
Sanur, 2-3 Juni 2010