

**EVALUASI KINERJA SIMPANG BERSINYAL
(Studi Kasus Jalan Raya Tuban–Jalan Satria–Jalan Raya Kuta)**

**I Nyoman Widana Negara¹, I Nyoman Karnata Mataram¹,
I Nyoman Pande Bayu Premana Sigraha²**

¹*Dosen Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar*

²*Alumni Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar*

Email: widananegara24@gmail.com

Abstrak: Permasalahan kemacetan lalu lintas di kawasan wisata Kuta, Kabupaten Badung sudah menjadi keseharian kota, salah satu titik simpul kemacetan adalah simpang APILL (*Traffic Light*) Jl. Raya Tuban–Jl. Satria–Jl. Raya Kuta yang menghubungkan Bandar Udara Ngurah Rai dengan daerah pariwisata Kuta. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja simpang *existing* dan alternatif pemecah yang memberikan kinerja simpang yang lebih baik. Data primer terdiri dari data volume lalu lintas, geometri simpang, sinyal dan hambatan samping diperoleh dengan survai langsung dilapangan, sedangkan data sekunder berupa data jumlah penduduk dari instansi pemerintah. Rancangan penelitian menggunakan teknik perbandingan (*comparative*) dengan 3 (tiga) skenario/perlakuan yaitu a) Skenario-1: kinerja simpang *existing* (*do nothing*), b) Skenario-2: *resetting* APILL menggunakan teknik *program tunggal* dan c) Skenario-3: *resetting* dengan menggunakan teknik *Multi Program*, sedangkan metode analisis kinerja persimpangan APILL mengacu pada Departemen Pekerjaan Umum (DPU,1997). Hasil analisis menunjukkan pada Skenario-1 (*do nothing*) kinerja simpang pada tingkat pelayanan F akibat waktu siklus dan alokasi waktu hijau tidak tepat (*unsuitable*), dibandingkan Skenario-2 kinerja persimpangan meningkat menjadi tingkat pelayanan E, secara kualitatif Skenario-2 lebih baik dengan indikator penurunan rata-rata tundaan mencapai 22% sampai dengan 118% terhadap perlakuan-1. Sementara hasil analisis Skenario-3 jauh lebih baik dibandingkan dengan Skenario-1 dan Skenario-2 menawarkan kinerja persimpangan yang sangat baik karena relatif mampu mengikuti variasi arus lalu lintas jam-jaman dan harian.

Kata kunci: Simpang Bersinyal Kuta, Kinerja persimpangan, program *single* dan *multi*

***THE PERFORMANCE EVALUATION OF A SIGNALIZED JUNCTION
(CASE STUDY: RAYA TUBAN STREET–SATRIA STREET-RAYA KUTA STREET)***

Abstract: *Traffics problems in Kuta tourism area at Badung Regency were increased from time to time, an other one was Jl. Raya Tuban–Jl. Satria–Jl. Raya Kuta junction, it's to be a main gateway that connecting between Ngurah Rai Airport and Kuta tourism destination areas. The aim of this research are to find out the existing junction performance and to full fill an alternatives solution to increases of junction performances. The primary data including traffic volume, geometry of junction, traffic signal phase and side friction were manually surveyed, an other hand the secondary data such as population and traffic signal specification found at Badung Government Offices. The experimental design used comparative approaches with 3 (three) scenario/ treatments were a) Scenario-1: an existing conditions (**do nothing**), Scenario-2: resetting traffic light using single program technic and scenario-3: resetting of traffic signal using multi program technic, while junction performance anaysis based on Public Departemen Pekerjaan Umum (1997). The result of analysis found that the scenario-1 at LOS F, it's mean that lack of signal performance comparable with Scenario-2 which enable to increase signal performance at LOS E. In the quality terms, it was seen that the Scenario-2 better than Scenario-1 with an indication that everage junction delay decreases from 22% to 118%. Otherside that scenario-3 had used of 9 plans were gave an excellent junction performances and an able to realize of hourly dan daily traffic flow variations rather than Scenario-2.*

Keyword: *Kuta Signalized Junction, Junction Performance, Single and multi programs*

PENDAHULUAN

Kawasan wisata kuta di Kabupaten Badung mengalami kemacetan lalu lintas baik pada sistim jaringan jalan strategis seperti jalan Raya Kuta dan jalan Raya Tuban serta persimpangan, salah satunya adalah simpang Jl. Raya Tuban–Jl.Satria-Jl. Raya Kuta. Persimpangan ini merupakan gerbang arus lalu lintas yang menghubungkan Bandar Udara Ngurah Rai dengan daerah pariwisata Kuta. Permasalahan transportasi berupa kemacetan lalu lintas disebabkan oleh penambahan jumlah kendaraan yang sangat tinggi, jumlah prasarana yang tidak memadai, serta sifat pengaturan lampu lalu lintas yang dioperasikan saat ini belum optimal sehingga sering terjadi kemacetan pada jam puncak pagi, siang, sore bahkan malam hari. Berdasarkan pengamatan di lapangan kemacetan pada simpang diperkirakan oleh ukuran geometrik jalan di bawah standar dan pengaturan waktu APILL kurang optimal serta belum memanfaatkan teknologi APILL *existing*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja simpang *existing* dan mencari alternatif peningkatan kinerja persimpangan Jalan Raya Tuban–Jalan Satria–Jalan Raya Kuta.

MATERI DAN METODE

Lokasi

Persimpangan adalah pertemuan antara 2 (dua) jalan atau lebih, Kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan volume lalu lintas dalam sistem jaringan jalan (Morlok, 1991). Persimpangan Jl. Raya Tuban–Jl. Satria-Jl. Raya Kuta adalah persimpangan 3 kaki yang dikendalikan Alat Pemberi Isyarat lalu Lintas (APILL) dioperasikan 3 (tiga) fase, menggunakan spesifikasi *fixed multi program controller Tipe UMC–690 dc24* tersedia yaitu 8 plan+1 plan mingguan, dengan 1 plan dipergunakan untuk *Mode Flashing*, tetapi saat ini APILL dioperasikan sebagai single program.

Arus Jenuh Nyata (S)

Yang dimaksud dengan arus jenuh nyata adalah hasil perkalian dari arus jenuh dasar

(S_0) untuk keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpanan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya (smp/jam hijau) (Departemen P.U., 1997).

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_P \times F_G \times F_{RT} \times F_{LT} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- S = Arus jenuh nyata (smp/jam hijau);
- S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau);
- F_{CS} = Faktor koreksi ukuran kota;
- F_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping; F_P = Faktor penyesuaian parkir tepi jalan;
- F_G = Faktor penyesuaian akibat gradien jalan; F_{RT} = Faktor koreksi belok kanan;
- F_{LT} = Faktor Penyesuaian belok kiri.

Faktor Ukuran Kota (F_{CS})

Yaitu ukutan besarnya jumlah penduduk yang tinggal dalam suatu daerah perkotaan (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Untuk menentukan nilai faktor ukuran kota digunakan Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Jumlah penduduk dalam kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
< 0,1	0,82
0,1–0,49	0,83
0,5–0,99	0,94
1,0–3,0	1,00
> 3,0	1,05

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997

Faktor Hambatan Samping (F_{SF})

Yaitu interaksi antara arus lalu lintas dan kegiatan disamping jalan yang menyebabkan pengurangan terhadap arus jenuh di dalam pendekatan (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor didapat faktor penyesuaian hambatan samping dengan menggunakan bantuan Tabel 2.

Faktor Jarak Parkir Tepi Jalan (F_P)

Faktor jarak parkir tepi jalan dapat disesuaikan dengan rumus sebagai berikut:

$$F_P = [Lp/3 - (Wa - 2) \times (Lp/3g) / Wa] g \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

F_p = Faktor jarak parkir tepi jalan; W_a = Lebar pendekat (m); g = Waktu hijau (detik); L_p = Jarak antara garis henti dan kendaraan yang parkir pertama (m)

Faktor Belok Kanan (F_{RT})

Faktor koreksi terhadap arus belok kanan pada pendekat yang ditinjau, dapat dihitung dengan rumus:

$$F_{RT} = 1 + P_{RT} \times 0,26 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

P_{RT} = Rasio untuk lalu lintas yang belok ke kanan

Faktor Belok Kiri (F_{LT})

Pengaruh arus belok kiri dihitung dengan rumus:

$$F_{LT} = 1 - P_{LT} \times 0,16 \dots \dots \dots (4)$$

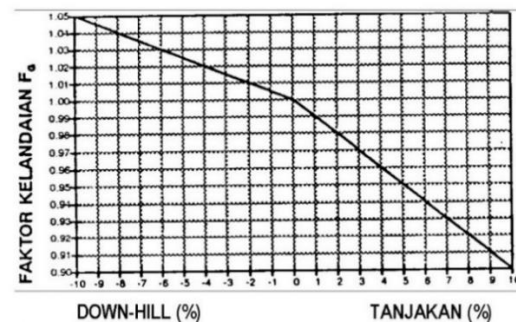
Keterangan:

P_{LT} = Rasio untuk lalu lintas yang belok ke kiri

Faktor Kelandaian atau Gradien (FG)

Pada pendekat dengan gradien positif (naik), maka arus jenuh berkurang. Sebaliknya pada persimpangan yang menurun, maka arus

jenuh meningkat. Faktor penyesuaian kelandaian pendekat atau gradien ditentukan dengan menggunakan Gambar 1.



Gambar 1. Faktor Penyesuaian Untuk Kelandaian

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997

Rasio Arus (FR)

Rasio arus (FR) merupakan rasio arus lalu lintas terhadap arus jenuh masing-masing pendekat (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Rasio arus (FR) dihitung dengan rumus:

$$FR = Q/S \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

Q = Arus Lalu lintas (smp/jam); S = Arus Jenuh (smp/jam hijau).

Tabel 2. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{sf})

Tipe Lingkungan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Ratio Kendaraan Tidak Bermotor (%)					
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,2	> 0,25
Komersial (Commercial)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Perumahan (Residential)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (Restricted Area)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997

Nilai kritis FR_{crit} (maksimum) dari rasio arus yang ada dihitung rasio arus pada simpang dengan penjumlahan rasio arus kritis tersebut.

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \dots\dots\dots(6)$$

Dari kedua nilai di atas diperoleh rasio fase (fase Ratio) PR untuk tipe fase yaitu:

$$PR = FR_{crit}/IFR \dots\dots\dots(7)$$

Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (C_{ua})

Waktu siklus adalah waktu untuk urutan lengkap dan indikasi sinyal (Departemen Pekerjaan Umum (MKJI, 1997)). Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap dihitung dengan rumus:

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5)/(1-IFR) \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

C_{ua} = Panjang siklus sebelum penyesuaian (dtk); LTI = Jumlah waktu yang hilang setiap siklus(dtk); FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S); FR_{crit} = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal.; $IFR = \sum(FR_{crit})$ = Rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari seluruh fase pada siklus tersebut.

Waktu siklus yang didapat kemudian disesuaikan dengan waktu siklus yang direkomendasikan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaturan Waktu Siklus

Tipe Pengaturan	Waktu siklus yang Layak (det)
2 fase	40 – 80
3 fase	50 – 100
4 fase	80 – 130

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997

Waktu Hijau (g)

Waktu hijau adalah waktu nyala hijau dalam suatu pendekat (Alamsyah . 2008). Perhitungan waktu hijau untuk tiap fase dijelaskan dengan rumus:

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \geq 10 \text{ dtk} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (dtk); C_{ua} = Waktu siklus (dtk); LTI = Waktu hilang total per siklus (dtk); PR_i = Rasio Fase $FR_{crit} / \sum (FR_{crit})$.

Waktu Siklus yang Disesuaikan (c)

Waktu siklus yang disesuaikan (c) dihitung berdasarkan pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang. Dinyatakan dengan rumus:

$$c = \sum g + LTI \dots\dots\dots(10)$$

Kapasitas Persimpangan (C)

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan. Kapasitas simpang dinyatakan dengan rumus:

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

C = kapasitas (smp/jam);
S = Arus jenuh (smp/jam hijau);
g = Waktu hijau (detik); c = Panjang siklus (detik).

Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio volume (Q) terhadap kapasitas (C) (Alamsyah, 2008). Rumus untuk menghitung derajat kejenuhan adalah:

$$DS = Q/C \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

Q = Volume lalu lintas (smp);
C = Kapasitas (smp/jam).

Kinerja Persimpangan

Ukuran dari kinerja persimpangan dapat ditentukan berdasarkan panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan, syarat dari perhitungan kinerja simpang adalah tundaan ≤ 40 detik/smp, tingkat pelayanan $\leq D$ (Transportation Research Board, 2000).

Panjang Atrian (NQ)

Yang dimaksud dengan panjang antrian adalah banyaknya kendaraan yang berada pada persimpangan tiap jalur saat nyala lampu merah (Departemen P.U., 1997). Rumus untuk menentukan rata-rata panjang antrian, adalah:

Untuk derajat kejenuhan (DS) $> 0,5$:

$$NQ_1 = 0,25 \cdot C \cdot [(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}}] \dots\dots(13)$$

Untuk DS $< 0,5$: $NQ_1 = 0$

Keterangan:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya; DS = Derajat kejenuhan; C = Kapasitas (smp/jam).

Jumlah antrian selama fase merah (NQ₂)

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q_{masuk}}{3600} \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

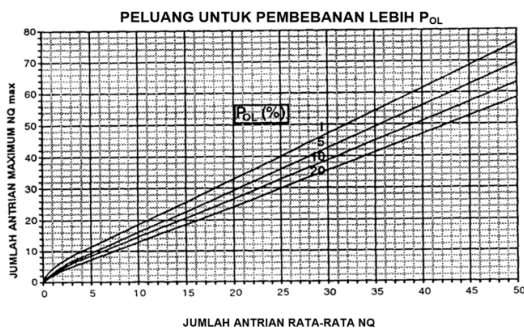
NQ₂ = Jumlah smp yang datang pada fase merah; GR = Rasio hijau; c = Waktu siklus (dtk); Q_{masuk} = Arus lalu lintas yang masuk di luar LTOR (smp/jam).

Jumlah kendaraan antrian menjadi L

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots(15)$$

Maka panjang antrian kendaraan adalah dengan mengalikan NQ_{max} dengan luas rata-rata yang diperlukan per smp (10m²) kemudian dibagi dengan lebar masuknya. NQ_{max} didapat dengan menyesuaikan nilai NQ dalam hal perluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih POL (%) dengan menggunakan Gambar 2. untuk perencanaan dan perancangan disarankan POL ≤ 5 %, untuk operasi suatu nilai POL = 5–10% mungkin dapat diterima:

$$QL = (NQ_{max} \times 20) / W_{masuk} \dots\dots\dots(16)$$



Gambar 2. Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{max}) dalam smp
Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1997

Kendaraan Terhenti (NS)

Angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata kendaran berhenti per smp, ini termasuk henti berulang sebelum melewati garis stop persimpangan (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

Dihitung dengan rumus:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q_{xc}} \times 3600 \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan:

c = Waktu siklus (dtk);
Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti (N_{sv}):

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots(18)$$

Laju henti untuk seluruh simpang:

$$NS_{Total} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{Total}} \dots\dots\dots(19)$$

Tundaan (Delay)

Tundaan adalah rata-rata waktu tunggu tiap kendaraan yang masuk dalam pendekat. Tundaan pada persimpangan terdiri dari 2 yaitu tundaan lalu lintas (DT) dan tundaan geometrik (DG):

$$Dj = DT_j + DG_j \dots\dots\dots(20)$$

Keterangan:

Dj = Tundaan rata-rata pendekat j (detik/smp);
DT_j = Tundaan lalu lintas rata-rata pendekat j (detik/smp);
DG_j = Tundaan geometrik rata-rata pendekat.

Tingkat Pelayanan Persimpangan

Tingkat pelayanan persimpangan adalah suatu ukuran kuantitatif yang memberikan gambaran dari pengguna jalan mengenai kondisi lalu lintas, aspek dari tingkat pelayanan dapat berupa kecepatan dan waktu tempuh, kepadatan, tundaan kenyamanan, keamanan, dan lain-lain (Transportation Research Board, 2000). Hubungan tundaan (delay) dengan tingkat pelayanan sebagai acuan penilaian persimpangan, seperti Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hubungan Tundaan Dengan Tingkat Pelayanan

Tundaan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
< 5,0	A (sangat lancar)
5,0 – 14,99	B (lancar)
15,0 – 24,99	C (cukup lancar)
25,0 – 39,99	D (agak macet)
40,0 – 60,0	E (macet)
> 60,0	F (macet sekali)

Sumber: Transportation Research Board, 2000

Rancangan Penelitian

Sesuai tujuan yang hendak dicapai, maka konsep rancangan penelitian adalah sebagai berikut:

Data primer yang terdiri atas data volume lalu lintas, geometri persimpangan, aspek waktu sinyal, dan hambatan samping didapat dengan survei langsung mengikuti prosedur Alamsyah (2008) dan Darma (2010) serta Putra (2010) sebagai pedoman penelitian. Data sekunder diperoleh dari intansi terkait yaitu berupa jumlah penduduk dan peta lokasi penelitian. Rancangan penelitian menggunakan teknik perbandingan (*comparatives*) dengan 3 (tiga) skenario/perlakuan yaitu Skenario-1: kondisi *existing (do nothing)*, Skenario-2: *resetting* dengan teknik program tunggal dan Skenario-3: *resetting* menggunakan teknik program multi. Analisis kinerja simpang APILL mengacu pada Departemen Pekerjaan Umum (1997) Manual Kapasitas Jalan Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skenario-1: Kondisi Eksisting (*Do Nothing*)

Hasil dari kinerja pada Skenario-1: kondisi Eksisting (*do nothing*) pada tingkat pelayanan F (macet sekali), baik pada jam

puncak pagi, jam puncak siang dan jam puncak sore dengan tundaan rata-rata berturut-turut sebesar 64,38 detik/smp, 129,45detik/smp dan 113,07 detik/smp. Ringkasan hasil analisis, seperti Tabel 5.

Skenario-2: *Resetting APILL* dengan Teknik Program Single

Skenario-2 pengaturan ulang (*resetting*) dengan teknik program tunggal adalah konsep pengaturan ulang lampu lalu lintas simpang dengan mengubah waktu siklus, waktu hijau dan waktu antar hijau sesuai arus lalu lintas. Sedangkan geometrik simpang tetap dan APILL dengan 3 fase. Hasil analisis waktu siklus dan alokasi waktu hijau dengan Skenario-2 seperti pada Tabel 6a, 6b, dan 6c.

Hasil analisis kinerja persimpangan dengan menerapkan panjang siklus dan alokasi waktu hijau seperti Tabel 6a pada lalu lintas jam puncak pagi, siang dan sore, demikian seterusnya waktu siklus dan alokasi waktu hijau siang Tabel 6b dan Tabel 6c diaplikasikan pada arus lalu lintas jam puncak pagi, siang dan sore, seperti diberikan pada Tabel 7.

Tabel 5. Kinerja Simpang Skenario-1

Kaki Simpang	NQ (smp)	Jam Puncak Pagi			Drata-rata (det/smp)	TP
		QL (meter)	NS (stop/jam)			
Jl. Raya Kuta	9,52	120,0	1,47	64,38	F	
Jl. Satria	21,08	157,1	1,37			
Jl. Raya Tuban	23,14	133,3	1,00			
Kaki Simpang	NQ (smp)	Jam Puncak Siang			Drata-rata (det/smp)	TP
		QL (meter)	NS (stop/jam)			
Jl. Raya Kuta	8,39	112,0	1,36	129,45	F	
Jl. Satria	33,69	195,2	2,06			
Jl. Raya Tuban	48,54	266,7	1,83			
Kaki Simpang	NQ (smp)	Jam Puncak Sore			Drata-rata (det/smp)	TP
		QL (meter)	NS (stop/jam)			
Jl. Raya Kuta	7,84	104,0	1,29	113,07	F	
Jl. Satria	43,76	290,5	2,59			
Jl. Raya Tuban	26,23	126,7	1,09			

Tabel 7 menggambarkan Skenario-2 yang memberikan hasil pelayanan membaik dari tingkat pelayanan F menjadi tingkat pelayanan E. Secara kualitas terjadi perubahan signifikan dengan indikasi menurunnya tundaan rata-rata (detik/smp) pada jam puncak pagi dari 64,36 menjadi 53,3 (-22%), dan pada jam puncak siang menurun dari 129,45 menjadi 59,49 (-118%) serta pada jam puncak sore tundaan menurun dari 113,07 menjadi 58,46 (-93%)

Tabel 6a. Waktu Siklus Jam Puncak Pagi

Kaki simpang	Jam Puncak Pagi				siklus (dtk)
	Waktu hijau (dtk)	Waktu kuning (dtk)	Waktu merah (dtk)	Merah semua (dtk)	
Utara	22	3	75	2	100
Barat	30	3	67	2	
Selatan	33	3	64	2	

Tabel 6b. Waktu Siklus Jam Puncak Siang

Kaki simpang	Jam Puncak Siang				siklus (dtk)
	Waktu hijau (dtk)	Waktu kuning (dtk)	Waktu merah (dtk)	Merah semua (dtk)	
Utara	25	3	92	2	120
Barat	36	3	81	2	
Selatan	44	3	73	2	

Tabel 6c. Waktu Siklus Jam Puncak Sore

Kaki simpang	Jam Puncak Sore				siklus (dtk)
	Waktu hijau (dtk)	Waktu kuning (dtk)	Waktu merah (dtk)	Merah semua (dtk)	
Utara	23	3	86	2	112
Barat	36	3	73	2	
Selatan	38	3	71	2	

Tabel 7. Kinerja Simpang Skenario-2

Kaki Simpang	waktu hijau (g)	Jam Puncak Pagi		Drata-rata (det/smp)	TP
		Waktu Siklus (c)	Panjang antrian QL		
Jl. Raya Kuta	25	120	128,0	53,30	E
Jl. Satria	36		104,8		
Jl. Raya Tuban	44		96,7		
Kaki Simpang	waktu hijau (g)	Jam Puncak Siang		Drata-rata (det/smp)	TP
		Waktu Siklus (c)	Panjang antrian QL		
Jl. Raya Kuta	25	120	112,0	59,49	E
Jl. Satria	36		123,8		
Jl. Raya Tuban	44		113,3		
Kaki Simpang	waktu hijau (g)	Jam Puncak Sore		Drata-rata (det/smp)	TP
		Waktu Siklus (c)	Panjang antrian QL		
Jl. Raya Kuta	25	120	104,0	58,41	E
Jl. Satria	36		133,3		
Jl. Raya Tuban	44		100,0		

Skenario-3: Resetting APILL dengan Teknik Multi Program

Skenario-3 memanfaatkan keunggulan teknologi APILL dengan *controller multi program* Tipe UMC-690 dc24 dengan jumlah plan yang tersedia yaitu 8+1 plan untuk *Mode Flashing*. Hasil analisis kinerja simpang selama 12 jam dari jam 06.00-18.00 (Tabel 8) memperlihatkan waktu siklus dan tingkat pelayanan sangat bervariasi dari waktu ke waktu. Berdasarkan analisis kinerja (Tabel 8), dibuat rancangan *multi program* 8 plan skenario siklus yaitu *plan-1 (P1)* untuk *Mode off Peak* dari jam 06.00-8.00 pagi, *plan-2 (P2)* mulai jam 8.00-10.00 dan jam 16.00-17.00, sedangkan *plan-3 (P3)* digunakan dari jam 10-11.00, *plan-4 (P4)* diaplikasikan mulai jam 11.00-12.00, selanjutnya *plan-5 (P5)* diterapkan dari jam 12.00- 14.00 dan dari jam 15.00-16.00 serta *plan-6 (P6)* dimulai dari jam 14.00-15.00 dan mulai jam 17.00-18.00. Sementara (P7) dan (P8) dialokasikan pada jam 18.00-22.00 dan terakhir, pada jam 22.00-06.00 dipakai P9 yaitu *Mode Flashing* (kedip kuning), seperti ilustrasi Gambar 3.

Perbandingan Kinerja Berdasarkan Tundaan Rata-Rata antara ketiga (3) Skenario

Hasil analisis kinerja persimpangan didasarkan pada perubahan arus lalu lintas, hambatan samping setiap jam dan perubahan waktu siklus serta alokasi waktu hijau setiap fase digunakan Skenario-1, Skenario-2 dan Skenario-3.

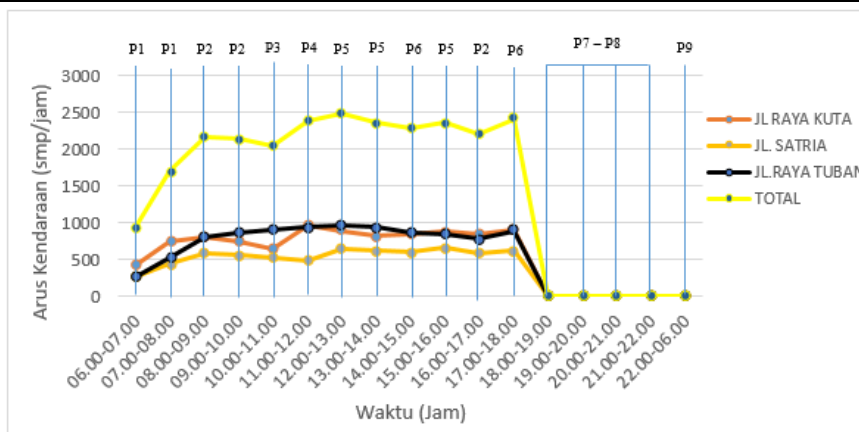
Hasil analisis menunjukkan bahwa ketiga skenario memiliki kecenderungan yang sama, yaitu dari jam 06.00-10.00 lalu lintas sedang dengan hambatan samping rendah menghasilkan tundaan rata-rata relatif rendah. Jam 10.00-16.00, lalu lintas tinggi dengan kelas hambatan sedang sampai tinggi, seperti terlihat pada Gambar 4. Ditinjau dari aspek tundaan rata-rata, Gambar 4 memperlihatkan bahwa pada Skenario 1, panjang waktu siklus dan alokasi waktu hijau masing-masing fase tidak tepat (*unsuitable*) sehingga menghasilkan tundaan rata-rata (*delay*) lebih besar dari Skenario-2 dan Skenario-3. Sedangkan dengan Skenario-2 *resetting* APILL dengan panjang siklus 120 detik (*suitable*) relatif mendekati Skenario-3. Namun, kelemahan Skenario-2 adalah kurang baik untuk arus lalu lintas yang sangat bervariasi sepanjang waktu. Skenario-3: *resetting* APILL dengan 8 program plan (P1-

P8) ditambah 1 plan (P9) mode kedip-kedip (*flashing*).

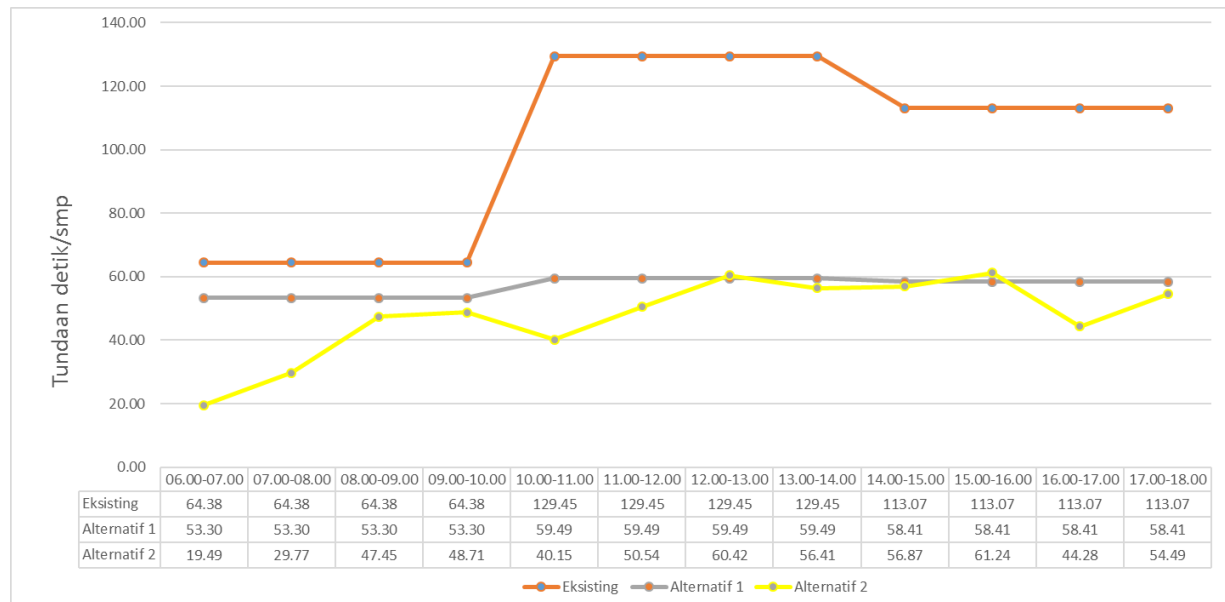
Gambar 4 memberikan ilustrasi bahwa Skenario-1 (garis oranye) menunjukkan kinerja jelek sebagai akibat waktu siklus (*cau*) dan alokasi waktu hijau (*Gi*) kurang tepat (*unsuitable*) sehingga menghasilkan tundaan rata-rata yang besar dari 64 sd 121 detik/smp. Jika dibandingkan dengan Skenario-2 (garis abu-abu) dengan *setting* ulang waktu siklus (*cau*) dan alokasi waktu hijau (*Gi*) sesuai kondisi arus lalu lintas, hambatan samping terbaru (*update data*) memberikan peningkatan yang signifikan pada kinerja persimpangan dengan rata-rata tundaan 50-60 detik/smp. Sedangkan Skenario-3 (garis kuning) tindakan *resetting* dan penerapan 9 plan siklus (*Cau(i)*) dan alokasi waktu hijau (*Gi(i)*) yang paling tepat (*suitable*), relatif mampu mengikuti perubahan variasi arus lalu lintas setiap jam dan setiap hari.

Tabel 8. Analisis Kinerja Skenario-3

Waktu	LTI	g1	g2	g3	C _{ua}	Tundaan Simpang	TP
06.00-07.00	15	12	10	8	46	19,49	C
07.00-08.00	15	15	16	14	60	29,77	D
08.00-09.00	15	22	29	31	96	47,45	E
09.00-10.00	15	22	29	33	99	48,71	E
10.00-11.00	15	15	24	31	85	40,15	E
11.00-12.00	15	25	26	38	104	50,54	E
12.00-13.00	15	24	38	43	120	60,42	F
13.00-14.00	15	24	37	42	117	56,41	E
14.00-15.00	15	27	35	38	115	56,87	E
15.00-16.00	15	28	40	37	120	61,24	F
16.00-17.00	15	19	28	28	90	44,28	E
17.00-18.00	15	23	36	38	112	54,49	E



Gambar 3. Pengaturan Waktu Siklus Berdasarkan Variasi per Jam



Gambar 4. Perbandingan Kinerja Skenario-1, Skenario-2 dan Skenario-3

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan kinerja Simpang Jl. Raya Kuta–Jl. Satria–Jl. Raya Tuban dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut:

Pada Skenario-1 (*do nothing*) kinerja persimpangan pada tingkat pelayanan F (macet sekali) dengan rata-rata tundaan sebesar 64,38, 129,45 dan 113,07 detik/smp secara berurutan pada jam puncak pagi, siang dan sore.

Pada Skenario-2 *resetting* dengan teknik program tunggal, dengan waktu siklus 120 detik diperoleh tingkat pelayanan E (macet), Secara kualitas terjadi perubahan signifikan dengan indikasi menurunnya tundaan rata (detik/smp) pada jam puncak dari 64,36 menjadi 53,3 (-22%), tundaan rata-rata pada jam puncak siang menurun dari 129,45 menjadi 59,49 (-118%) dan pada jam puncak sore tundaan menurun dari 113,07 menjadi 58,46 (-93%).

Pada Skenario-3 *resetting* lampu lalu lintas dengan teknik *multi program* menghasilkan tingkat pelayanan C-F, dengan panjang siklus dan alokasi waktu hijau mengikuti perubahan lalu lintas, pada lalu

lintas rendah panjang siklus kecil dan semakin meningkat arus lalu lintas waktu siklus semakin meningkat juga. Jadi secara kualitatif Skenario-3 lebih baik dibandingkan Skenario-2 dan Skenario-1 karena cukup mampu beradaptasi dengan perubahan lalu lintas dan waktu.

Saran

Berdasarkan hasil analisis, pemerintah melalui Dinas Perhubungan, Informatika dan Komunikasi Kabupaten Badung disarankan mengoptimalkan teknologi APILL *multi program* sehingga kinerja persimpangan relatif mampu mengikuti variasi lalu lintas pada masing-masing pendekatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A.A. 2008. *Rekayasa Lalu Lintas*. Penerbit Universitas Muhammadiyah, Malang.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1997. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), Ditjen Bina Marga.
- Dharma, I.B.O.D. 2010. Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kakus Simpang Jl. Raya Kuta–Jl. Setia Budi, di Kabupaten Badung)

- Morlok, E.K. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Terjemahan Hainim, J.K.. Erlangga, Jakarta.
- Putra, G.A.B. 2010. Evaluasi Kinerja Simpang Di Kota Denpasar (Studi Kasus Jalan P.B Sudirman–Jalan Serma Mendra–Jalan Ir.Ida Bagus Oka)
- Transportation Research Board. 2000. *Highway Capacity Manual*, HCM. Washington, D.C.