

ANALISIS KINERJA SIMPANG TIGA

(Studi Kasus Simpang Tiga Jl. Raya Solo - Sragen - Gambiran)

Dian Arumningsih Diah Purnamawanti

Abstrak

Berkembangnya pertumbuhan penduduk dan meningkatnya arus lalu lintas dapat membuat permasalahan simpang semakin kompleks dan rumit demikian juga yang terjadi di Simpang Tiga Jl. Raya Solo-Sragen – Gambiran.

Untuk menilai kemampuan approach dalam melayani arus lalu lintas salah satunya adalah DS (Degree of Saturatetion /derajat kejenuhan). Apabila nilai DS > 0,85 berarti sudah berada dalam keadaan mendekati lewat jenuh (over saturate) sehingga diperlukan cara untuk menurunkan nilai derajat kejenuhan. Cara yang dipilih untuk menurunkan nilai DS adalah dengan mengganti/merubah waktu siklus pada persimpangan, DS dihitung kembali dengan waktu siklus yang telah dirubah sampai nilai DS 0,85 setelah itu diperiksa perhitungannya dengan menghitung tundaan dan panjang antrian di persimpangan. Metode pengumpulan data adalah metode survei lapangan yang berfungsi sebagai data primer dibantu dengan data sekunder yang berupa peta wilayah penelitian dan jumlah penduduk kota Sragen. Sedangkan untuk menganalisis data menggunakan metode dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997. Dalam hal validasi data menggunakan ketentuan-ketentuan yang ada dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997.

Hasil analisis bahwa siklus di Simpang Tiga Jl. Raya Solo - Sragen - Gambiran , sudah tidak efektif karena approach Barat dan Selatan nilai DS>0,85. Sedang perubahan waktu siklus dari 96 detik menjadi 98 detik menghasilkan nilai DS 0,85. Sehingga waktu siklus sebesar 98 detik layak untuk digunakan di Simpang Tiga Jl. Raya Solo-Sragen – Gambiran.

Kata kunci : Simpang tiga, Jl. Raya Solo - Sragen - Gambiran.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

System transportasi berperan dalam perkembangan dan kemajuan suatu daerah. Seiring dengan berjalannya waktu suatu daerah mengalami penambahan penduduk, sehingga pengguna jalan akan semakin bertambah dan pada akhirnya diperlukan peningkatan prasarana dan sarana untuk menunjang kelancaran arus lalu lintas. Transportasi adalah perpindahan barang atau manusia dari suatu tempat ke tempat lainnya dalam waktu tertentu dan dengan tujuan yang tertentu pula. Pertambahan jumlah penduduk dan teknologi yang cukup cepat mengakibatkan timbulnya berbagai permasalahan dibidang transportasi. Factor-faktor yang berupa tingkat pendapatan yang rendah, urbanisasi yang cepat dan terbatasnya sumber daya adalah merupakan factor-faktor yang cukup berperan dalam memperparah keadaan transportasi yang dihadapi oleh kebanyakan Negara berkembang termasuk Indonesia. Pertigaan Gambiran menghubungkan Kota Karang Anyar di sebelah Selatan, Kota Solo di sebelah Barat dan Kota Ngawi di sebelah Timur. Kawasan ini cukup ramai lalu lintasnya karena merupakan jalur utama lalu lintas Propinsi Jawa Timur-Jawa Tengah.

Agar semua aktifitas berjalan dengan lancar maka perlu ditunjang dengan adanya fasilitas-fasilitas transportasi yang baik tersedianya terminal yang memadai, ruas jalan yang mampu mengantisipasi perkembangan arus lalu lintas yang ada sarana pengaturan persimpangan dan yang tidak kalah pentingnya adanya manajemen lalu lintas yang tepat untuk mengatur kelancaran lalu lintas. Persimpangan merupakan titik simpul dari bertemunya dua atau lebih ruas jalan, sehingga persimpangan ini akan terjadi banyak sekali permasalahan-permasalahan seperti tundaan (*delay*) keadaan yang cukup lama dan banyak sekali terjadi kecelakaan lalu lintas yang pada akhirnya akan menimbulkan kemacetan Lalu Lintas. Beberapa penyebab kemacetan lalu lintas di persimpangan yang lain adalah persimpangan merupakan tempat berkumpulnya titik-titik konflik lalu lintas dan rendahnya kapasitas simpang serta adanya pengaturan waktu siklus yang belum tepat. Pengamatan memilih lokasi di simpang tiga Jl. Raya Solo - Sragen - Gambiran. disebabkan pada simpang tiga tersebut terdapat perkantoran, pertokoan dan pemberhentian bus sementara /*selter bus*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan dapat dirumuskan adanya permasalahan-permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana tingkat kinerja simpang tiga bersinyal Jl. Raya Solo - Sragen - Gambiran dengan kondisi lalu lintas pada saat ini.
- b. Bagaimana pemecahan masalah bila tingkat kinerja dari simpang tiga bersinyal Jl. Raya Solo - Sragen - Gambiran tidak memenuhi syarat lagi.

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan arah penelitian maka perlu adanya pembahasan masalah sebagai berikut:

- a. Lokasi penelitian dibatasi hanya pada lengan-lengan Simpang Tiga Jl. Raya Solo - Sragen - Gambiran dengan tidak memperhitungkan kurun waktu pemakaian hasil perhitungan.
- b. Dalam pengumpulan data dan perhitungan, jumlah pejalan kaki diabaikan karena jumlah pejalan kaki yang melewati persimpangan (*zebra cross*) ini sangat kecil.
- c. Perhitungan arus lalu lintas dilakukan hanya pada jam-jam sibuk yaitu pagi jam :06.00 - 08.00

WIB, siang jam: 12.00 - 14.00 WIB dan sore jam:16.00 - 18.00 WIB.

- d. Pengaruh perubahan pengaturan arus lalu lintas terhadap Besarnya Operasi Kendaraan (BOK) dan tingkat keselamatan tidak diperhitungkan.
- e. Perhitungan analisa dan pembahasan menggunakan metode yang digunakan oleh Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1977.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk menganalisa lalu-lintas dan permasalahan-permasalahan yang terjadi di pertigaan bersinyal tersebut.
- b. Mengetahui waktu siklus pada pertigaan ini apakah masih cukup efektif untuk besarnya lalu lintas.
- c. Mengetahui alternative waktu siklus yang sebaiknya diterapkan pada simpang tiga ini, jika waktu siklus yang ada tidak efektif.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Menambah pemahaman dibidang manajemen lalu lintas khususnya mengenai penanganan Simpang Tiga Bersinyal.

- b. Mengembangkan penulis di bidang rekayasa lalu lintas dalam penguasaan Manual Kapasitas Jalan Indonesia.
- c. Bias menggunakan teori yang diperoleh dibangku kuliah untuk memecahkan masalah yang ada di Simpang Tiga Bersinyal Jl.Raya Solo - Sragen - Gambiran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Persimpangan merupakan titik pertemuan minimum dua atau lebih ruas-ruas jalan. Di pertemuan ruas jalan ini akan terjadi banyak sekali permasalahan misalnya antrian, kecelakaan tundaan lalu lintas yang kesemuanya akan menimbulkan kemacetan lalu lintas di persimpangan. Simpang tiga Jl.Raya Solo - Sragen – Gambiran, merupakan tempat yang diteliti tentang kapasitas simpang. Tingkat kinerja dan derajat kejenuhannya apakah masih efisien untuk mengantisipasi arus lalu lintas yang ada. Apabila hasil penelitian menunjukkan bahwa simpang memiliki derajat kejenuhan mendekati batas yang ditentukan (*over saturated*) dari Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 yaitu sebesar 0,85 ($DS.0,85$), diperlukan penurunan nilai DS , dengan melakukan perubahan waktu dan *fase* sinyal. Dengan waktu dan *fase* sinyal

yang baru, dihitung kembali besarnya DS sampai didapati $DS < 0,85$, kemudian diperiksa perhitungan derajat kejenuhannya dengan menghitung besarnya panjang antrian dan tundaan kendaraan di persimpangan.

Simpang bersinyal efektif apabila lebar masing-masing kaki pendekat kecil dan daerah konflik gerakan lalu lintas yang berpotongan ditentukan dengan baik. Sebagian pengguna jalan sangat menyukai untuk persimpangan antara jalan-jalan yang lebih besar, misalnya antara dua buah jalan empat lajur, penutupan daerah konflik dapat terjadi dengan mudah, yang menyebabkan kinerja lalu lintas dari simpang tak bersinyal (dalam ukuran tundaan rata-rata) dalam periode yang lebih panjang menjadi lebih rendah dari hal yang sama pada simpang yang lain.

Suatu lampu lalu lintas dengan tiga aspek, hijau untuk berjalan, kuning yang berarti memperbolehkan kendaraan memasuki persimpangan apabila tidak ada kendaraan lainnya sebelum lampu merah dan merah berarti berhenti. Lampu lalu lintas dioperasikan sedemikian rupa untuk menghindari resiko tabrakan. Terkadang aspek-aspek dan indikasi-indikasi tambahan dipergunakan untuk mengizinkan kendaraan terus

berjalan sementara gerakan-gerakan yang berlawanan dengan arus kendaraan terhalang oleh tanda henti, seperti misalnya sinyal merah untuk lalu lintas yang mendatangi yang bila tidak akan bentrok dengan arus kendaraan yang berbelok (*Edward K. Morlok*, 1991).

2.1.1 Simpang bersinyal

Sinyal yang ada di persimpangan dapat digunakan untuk mendistribusikan kapasitas pada berbagai *approach* melalui pengalokasian waktu hijau pada masing-masing *approach*. Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (hijau, kuning dan merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam waktu yang bersamaan. Pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk satu atau lebih dari tujuan sebagai berikut:

- a. Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
- b. Memberi kesempatan pada kendaraan dan atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama.

- c. Mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan.

2.1.2 Fase

Fase sinyal adalah suatu urutan dari perintah-perintah sinyal yang terdapat dalam satu kaki persimpangan. Satu fase diawali dan diakhiri dengan perintah hijau. Fase sinyal umumnya mempunyai dampak yang besar pada tingkat kinerja dan keselamatan lalu lintas pada suatu simpang. Sebagai dasar pemilihan fase sebaiknya dicoba dua *fase* sebagai kejadian dasar, karena biasanya akan menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tipe *fase* sinyal lain. Arus lurus langsung memerlukan lajur terpisah. Pengaturan terpisah gerakan belok kanan biasanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas jika arus melebihi 200 smp/jam.

2.1.3 Clearance Time

Clearance time adalah waktu yang dibutuhkan untuk

memberikan kesempatan kepada kendaraan terakhir diakhir sinyal kuning untuk meloloskan diri dari daerah konflik. Pada pengaturan lalu lintas lampu lalu lintas *Clearance time* diwujudkan dalam bentuk sinyal merah semua (*all red*).

mulai berjalan serta memperlambatnya sampai kesuatu kecepatan normal, ini terjadi setelah menempuh waktu 10 sampai 15 detik kemudian. Kapasitas simpang akan menurun sedikit sampai akhir waktu hijau.

2.1.4 Waktu Hijau Efektif

Pada saat periode hijau dimulai kendaraan masih dalam kondisi berhenti dan memerlukan waktu lagi untuk

2.2. Cara Analisa Dengan Metode MKJI 1997

2.2.1 Data masukan

Tabel 2.1 Faktor smp pada simpang bersinyal

Jenis Kendaraan	smp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber:Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

Rasio gerakan membelok ke kiri (P_{LT}) dan rasio gerakan membelok kekanan (P_{RT}) dihitung dengan rumus :

$$P_{LT} = \frac{\text{Volume kendaraan belok kiri (smp/jam)}}{\text{Jumlah total volume kendaraan (smp/jam)}} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$P_{RT} = \frac{\text{Volume kendaraan belok kanan (smp/jam)}}{\text{Jumlah total volume kendaraan (smp/jam)}} \dots \dots \dots (2.2)$$

2.2.2 Menghitung Besarnya *Clearance Time*

Besarnya waktu *Clearance time* diwujudkan dalam waktu merah semua dihitung dengan rumus :

$$\text{Merah semua} = (L_{EV} + I_{EV}/V_{EV} - L_{AV}/V_{AV})_{\max} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

L_{EV}, L_{AV} = jarak garis henti ketitik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

I_{EV} = panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = kecepatan kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/dtt).

2.2.3 Kinerja Simpang Bersinyal

a. Panjang antrian

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari *fase* hijau sebelumnya (NQ_1) ditambah jumlah smp yang datang selama *fase* merah (NQ_2).

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots \dots \dots (2.4)$$

$$NQ_1 = 0,25 \times Cx [(DS - 1) + (DS-1)^2 + 8x(DS-0,5)/C] \dots \dots \dots (2.5)$$

Nilai DS = 0,5 maka $NQ_1 = 0$

$$NQ_2 = Cx (1-GR)/1-GR \times DS \times Q/3600 \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana: NQ_1 = Jumlah smp tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = jumlah smp yang datang pada fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = ratio hijau

C = kapasitas (smp/jam)

Q = jumlah lalu lintas (smp)

c. Tundaan

Tundaan erat hubungannya dengan tingkat pelayanan suatu simpang, tundaan rata-rata suatu simpang dapat dihitung dengan rumus:

$$D_R = (QXD)/Q_{TOT} \dots \dots \dots (2.7)$$

Tundaan lalu lintas rata-rata pendekat (D_J) dihitung dengan rumus:

$$D_J = DT_J + DG_J$$

Dimana : DT = tundaan lalu lintas rata-rata pendekat (det/smp)

DG_J = tundaan geometric rata-rata tiap pendekat (det/smp)

D_1 = tundaan rata-rata simpang (det/smp)

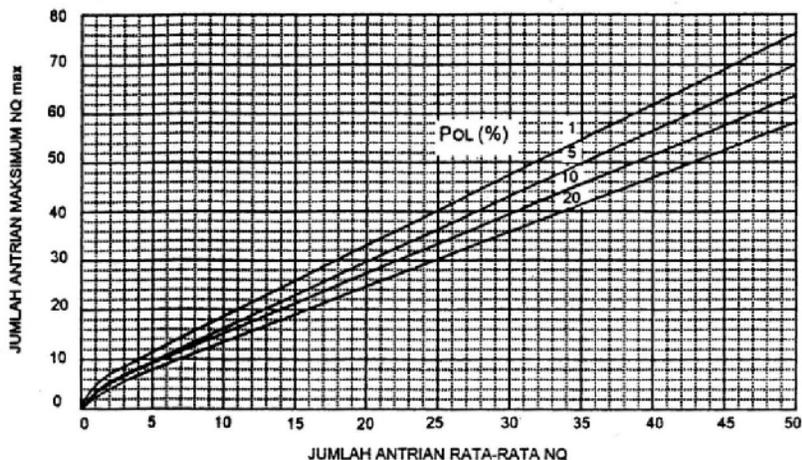
D_J = tundaan rata-rata simpang (det/smp)

Q = arus kendaraan tiap pendekat (smp)

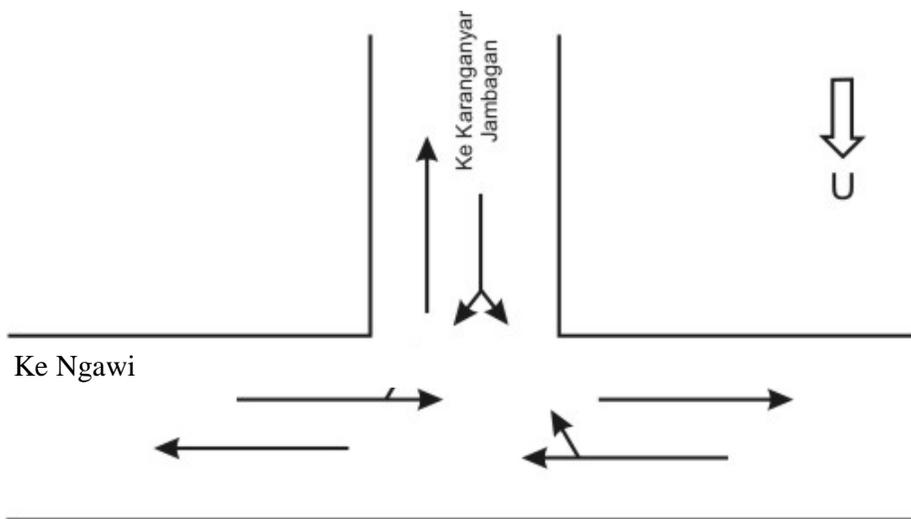
Q_{TOT} = arus total simpang (smp)

Tundaan lalu lintas rata-rata (DT) dihitung dengan rumus:

$$DT = C \times 0,5 \times (1-GR)^2 / (1-GR \times DS) + NQ_1 \times 3600 / C \dots \dots \dots (2.8)$$



Gambar : Perhitungan jumlah antrian (NQ_{Max}) dalam smp



Gambar : Arah Arus Lalu Lintas Simpang Tiga Bersinyal Jl. Raya Solo - Sragen - Gambiran

3. METODE

Penelitian ini bersifat memaparkan masalah-masalah yang ada di lapangan, kemudian dari data yang diperoleh

disusun, dijelaskan dan dianalisa sesuai dengan pedoman MKJI 1997. Data meliputi data primer dan data sekunder dari observasi dilokasi penelitian.

Data primer:

- Data geometrik persimpangan simpang tiga
- Data arus lalu lintas
- Data pengendalian arus lalu lintas

Data sekunder:

- Data jumlah penduduk
- Peta wilayah penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan mencatat semua jenis kendaraan yang melewati simpang tiga Jl. Raya Solo – Sragen – Gambiran.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Survei Geometrik

Data yang dihasilkan dari *survey* geometrik jalan :

- Denah simpang tiga Jl. Raya Solo – Sragen – Gambiran.
- Lingkungan disekitar simpang tiga sebelah barat merupakan *selter* bus yang bersebelahan dengan pertokoan dan perkantoran.
- Kegiatan-kegiatan atau aktifitas penduduk sekitar *selter bus* dan

pertokoan dengan perkantoran banyak memberikan hambatan kelancaran arus lalu lintas (tingkat gangguan sisi jalan cukup tinggi (*level of side friction*)).

- Kelandaian *approach* datar (%)

4.2 Data survei lalu lintas

Data arus lalu lintas pada persimpangan dikendalikan oleh lampu lalu lintas dan arus lalu lintas disajikan dalam bentuk Tabel berikut :

Tabel 4.1 Arus lalu lintas dihitung setiap 15 menit

<i>Approach</i> utara	UM	UM	MC	MC	LV	LV	HV	HV
--------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

waktu								
	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	Kanan	kiri
1	2	3	4	5	6	7	8	9
06.30-06.45	9	13	55	97	19	33	7	15
06.45-07.00	11	11	70	135	25	45	8	29
07.00-07.15	6	9	72	140	21	32	14	23
07.15-07.30	12	2	34	111	11	38	15	27
07.30-07.45	12	5	98	97	23	41	12	21
07.45-08.00	11	8	69	125	22	23	8	22
08.00-08.15	3	8	35	112	27	45	14	27
08.15-08.30	5	2	45	98	12	23	13	31
Sub total	69	58	478	915	160	280	91	195
12.30-12.45	2	1	45	78	17	15	17	33
12.45-13.00	1	1	32	89	21	12	12	21
13.00-13.15	1	1	56	121	18	45	7	45
13.15-13.30	1	1	78	141	12	35	8	21
13.30-13.45	2	1	81	126	23	33	9	22
13.45-14.00	1	1	67	137	14	26	5	27
14.00-14.15	1	2	90	134	12	33	12	33
14.15-14.30	2	1	55	90	21	28	11	34
Sub total	11	9	504	916	138	227	81	236
15.30-15.45	2	2	57	87	22	45	11	36
15.45-16.00	1	1	58	75	23	46	10	21
16.00-16.15	3	11	61	88	25	29	9	22
16.15-16.30	7	3	60	121	17	39	9	21
16.30-16.45	8	15	76	111	18	25	6	22
16.45-17.00	10	11	56	102	23	12	12	19
17.00-17.15	3	6	32	76	14	11	6	18
17.15-17.30	7	3	28	60	11	7	5	11
Sub total	41	52	428	720	153	214	68	170

Jumlah total	121	119	1410	2551	451	721	240	601
Jumlah rata2	20.2	19.8	235.0	425.2	75.2	120.2	40.0	100.2

Sumber : Survei Lapangan

5. PENURUNAN DERAJAT KEJENUHAN SIMPANG DENGAN PERUBAHAN WAKTU SIKLUS

Penurunan DS simpang dengan perubahan waktu siklus dapat dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan untuk perhitungan diambil dari data

kapasitas kejenuhan Siklus 96 detik.

2. Perhitungan waktu merah semua dan waktu hilang dihitung dengan rumus (2-3) dan rumus (2-4). Adapun perhitungan selengkapnya disajikan dalam table berikut:

Lalu lintas berangkat	Lalu lintas Datang					Waktu Merah (detik)	
	Pendekat	Kec. V (m/dt)	Pendekat	Selatan	Timur		Barat
Selatan	10	10	Kec V (m/dt)	10	10	10	5.5
			Jarak berangkat-datang		67+5-17		
			Waktu berangkat-datang		6.7+0.5-1.7		
Timur	10		Jarak berangkat-datang			17+5-25	-0.3
			Waktuberangkat-datang			1.7+0.5-2.5	
Barat	10		Jarak berangkat-datang	25+5-676			-3.7
			Waktu berangkat datang	2.5+0.5-6.7			
			Penentuan waktu fase merah semua			6	
			Fase 1 Fase 2			2	
			Fase 2 Fase 3			19	
			Fase 3 fase 1			9	
			Waktu kuning Total (3 dt/fase)				
			Waktu hilang total (LTI)			36	

3. Menghitung lamanya waktu sebelum penyesuaian

Rumus :

$$C_{ua} = (1.5 \times LTI + 5) / (1 - 1FR)$$

$$LTI = 36 \text{ detik}$$

$$1FR = 0.38$$

$$C_{ua} = (1.5 \times 36 + 5) / (1 - 0.38)$$

$$C_{ua} = 96,72 \text{ detik.}$$

4. Menghitung lamanya waktu hijau

Approach selatan

$$g = (C_{ua} - LT1) \times PR_1$$

$$g = (96.72 - 36) \times 0.42$$

$$g = 25.5 \text{ detik} \quad 26 \text{ detik}$$

Approach barat

$$g = (C_{ua} - LT1) \times PR_1$$

$$g = (96.72 - 36) \times 0.37$$

$$g = 22.47 \text{ detik} \quad 23 \text{ detik.}$$

Approach Timur

$$g = (C_{ua} - LT1) \times PR_1$$

$$g = (96.72 - 36) \times 0.21$$

$$g = 12.75 \text{ detik} \quad 13 \text{ detik}$$

5. Menghitung Panjang waktu siklus total

$$C = g + LT1$$

$$C = (26 + 23 + 13) + 30$$

$$C = 98 \text{ detik.}$$

Dari hasil perhitungan tingkat Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Jl. Raya Solo – Sragen - Gambiran didapat setelah waktu siklus dinaikan menjadi 98 detik *DS* 8.5, kapasitas persimpangan naik dari 1829.999 smp/detik menjadi 2193.2888 smp/detik dan menurunkan tundaan dari 106.189 detik/smp menjadi 41.338 detik/smp.

6. KESIMPULAN

- 1). Simpang Tiga Jl. Raya Solo – Sragen - Gambiran ukuran *geometric* jalannya masih bisa

menampung arus lalu lintas dengan 2 *aproach* (Barat dan Timur).

- 2). Perbaikan dari hasil perhitungan Tingkat Kinerja Simpang pada Simpang Tiga Bersinyal Jl.Raya Solo – Sragen - Gambiran didapat setelah waktu siklus dinaikan menjadi 98 detik.
- 3). Untuk saat ini aktifitas dan keadaan disekitar simpang: *selter bus*, pertokoan dan perkantoran belum mempengaruhi kinerja simpang terbukti dengan besarnya derajat kejenuhan (*DS*) masih dibawah 0.85 sebagaimana disyaratkan MKJI 1997.

7. SARAN

1. Bagi Dinas terkait perlu mengadakan survai secara *periodic* untuk mengetahui tingkat pertumbuhan lalu lintas dimasa yang akan datang, karena *factor* pertumbuhan penduduk dan perkembangan suatu wilayah berpengaruh terhadap jumlah arus lalu lintas.
2. Apabila arus lalu lintas di masa yang akan datang ternyata melebihi kapasitas simpang dan menimbulkan tundaan besar,

maka perlu dikaji apakah perlu dilakukan penanganan-penanganan seperti :

- Penambahan lebar pendekat
- Perubahan fase sinyal.
- Pelarangan gerakan – gerakan belok kanan

8. DAFTAR PUSTAKA

- Morlok, Edward K, 1991, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.
- Akcelik, R, 1981, *Traffic Signal: Capacity and Timing Signal, Asustralian Road and Research, Victoria*, Australia.
- American Association of State Highway and Transportation Officials, 1984, *A Policy on Geometric Design of Higways and Streets*, AASHTO, USA.
- Directorate General of Highwats Ministry of Public Works, 1997 *Indonesian Highway Capacity Manual, Urban Roads, Indonesia*.
Direktorat Jendral Bina Marga, Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1990, *Paduan Survai dan Perhitungan Waktu Perjalanan lalu-lintas No. 001/T/BNKT/1990*
- Suwarjoko Warpani, 1988, *Rekayasa Lalu Lintas*, Barata, Jakarta.
-1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Direktorat Jendral Bina Marga*, Jakarta.
- Khisty, Cj and B. Kent Lall, 1998, *Transportation Engineering an introduction*, Prentice Hall International, USA.
- Tamin, OZ, 1997, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Penerbit ITB, Bandung, Indonesia.
- Tamin, OZ, 2003, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh Soal dan aplikasi*, Penerbit ITB Bandung.

Biodata Penulis:

Dian Arumningsih Diah Purnamawanti, Alumni S1 Teknik

Sipil Universitas Tunas Pembangunan
Surakarta (1992).Pasca Sarjana (S2)
Program Magister Teknik Universitas
Muhammadiyah Surakarta (2006).
Dosen pada Fakultas Teknik, Jurusan
Sipil UTP Surakarta.

