

**Analisis Kinerja Simpang Bersinyal**  
(Studi Kasus Jalan Jend. Sudirman-Jalan Diponegoro-Jalan Alamsyah)

**Leni Sriharyani**

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Email : [lenisriharyani@yahoo.co.id](mailto:lenisriharyani@yahoo.co.id)

**ABSTRAK**

Simpang bersinyal yang merupakan perpotongan Jl. Jend. Sudirman-Jl. Diponegoro-Jl. Alamsyah mempunyai volume lalu lintas yang cukup tinggi. Sebab simpang bersinyal ini merupakan pintu masuknya kendaraan dari dan menuju ke Kota Metro. Permasalahan yang terjadi pada simpang bersinyal ini yaitu lamanya tundaan serta panjangnya antrian kendaraan. Tujuan dari kajian ini yaitu untuk mengetahui kinerja simpang dalam kondisi eksisting (meliputi derajat kejenuhan, panjang antrian, kendaraan terhenti serta tundaan) dan menganalisis alternatif pemecahan masalah yang tepat pada simpang. Teknik pengambilan data yaitu dengan melakukan survei geometri simpang, survei volume lalu lintas, survei fase dan waktu sinyal. Dari hasil analisis diketahui bahwa dalam kondisi eksisting simpang menunjukkan kinerja yang cukup buruk terutama pada lengan Timur dengan Derajat Kejenuhan ( $DS=1,41$ ), Panjang Antrian ( $QL=220,106$  m), Jumlah Kendaraan Terhenti ( $NSV=3224,61$  smp/jam) dan Tundaan ( $D= 816,961$  det/smp). Setelah dilakukan alternatif perencanaan dengan melakukan perubahan geometri pada lebar masuk dan lebar keluar untuk lengan Timur dan Barat, kinerja menunjukkan hasil yang cukup baik terutama pada lengan Timur yaitu Derajat Kejenuhan ( $DS=0,74$ ), Panjang Antrian ( $QL=81,668$  m), Jumlah Kendaraan Terhenti ( $NSV=529,479$  smp/jam) dan Tundaan ( $D= 47,085$  det/smp).

**Kata kunci:** kinerja, derajat kejenuhan, dan tundaan

## **I. PENDAHULUAN**

Intensitas arus lalu lintas simpang jl. Jend. Sudirman cukup tinggi, terutama pada hari kerja dan jam-jam sibuk. Simpang ini merupakan simpang bersinyal yang melayani arus dari kota Metro dan menuju kota Metro. Baik itu pergerakan arus lalu lintas dari Metro Pusat menuju Metro Utara dan sebaliknya, juga pergerakan arus lalu lintas dari Metro menuju Kabupaten Lampung Timur dan sebaliknya.

Diharapkan dengan geometri simpang sekarang ini diharapkan simpang ini mampu melayani arus lalu lintas dengan baik dan terhindar dari kemacetan dan tundaan. Tetapi kenyataan yang terjadi adalah selalu terjadi panjang antrian dan tundaan yang cukup tinggi di simpang ini terutama pada pendekat Timur. Oleh sebab itu kajian ini akan menganalisis kinerja simpang dalam kaitannya dengan derajat kejenuhan, panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti serta tundaan.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Manajemen lalu Lintas**

Manajemen lalu lintas adalah pengelolaan dan pengendalian arus lalu lintas dengan melakukan optimasi penggunaan prasarana yang ada melalui peredaman atau pengecilan tingkat pertumbuhan lalu lintas, memberikan kemidahan kepada angkutan yang efisien dalam penggunaan ruang jalan serta memperlancar sistem pergerakan.

Pasal 2 PP 43/93 menyebutkan bahwa manajemen lalu lintas meliputi kegiatan perencanaan, pengaturan, pengawasan dan pengendalian lalu lintas. Dimana manajemen lalu lintas bertujuan untuk keselamatan, keamanan, ketertiban dan kelancaran lalu lintas, dan dilakukan antara lain dengan :

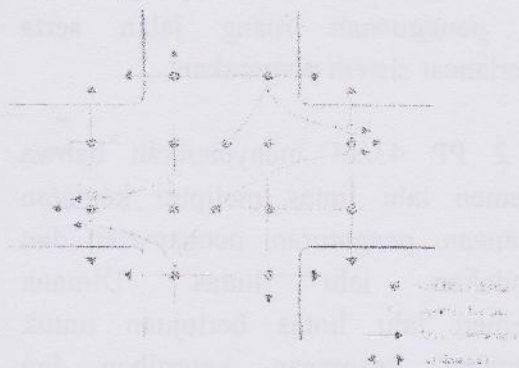
1. Usaha peningkatan kapasitas ruas jalan, persimpangan, dan/atau jaringan jalan.
2. Pemberian prioritas bagi jenis kendaraan atau pemakai jalan tertentu.

3. Penyesuaian antara permintaan perjalanan dengan tingkat pelayanan tertentu dengan mempertimbangkan keterpaduan intra dan antar moda.
4. Penetapan sirkulasi lalu lintas, larangan dan atau perintah bagi pemakai jalan.

### 2.2 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal dalam kaitannya dengan konsep kapasitas perlu mempertimbangkan adanya alokasi waktu pada simpang bersinyal tersebut. Dalam suatu sinyal lalu lintas, secara prinsip memberikan alokasi waktu selama terjadinya konflik pergerakan lalu lintas dimana pergerakan lalu lintas tersebut mencari kebutuhan ruang yang sama. Cara dalam memberikan alokasi waktu tersebut memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kapasitas simpang dan pendekat-pendekatnya.

Maksud dari penggunaan sinyal lalu lintas adalah untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari berbagai arah yang saling berpotongan. Sinyal lalu lintas juga dapat dipergunakan untuk memisahkan arus lalu lintas dengan arah lurus dengan arus lalu lintas yang melakukan gerakan membelok atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dengan pejalan kaki.



Gambar 2.1 Konflik-konflik pada simpang bersinyal empat lengan (Sumber: MKJI, 1997)

### 2.3 Lampu lalu Lintas

Satu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan

adalah dengan menggunakan lampu lalu lintas. Menurut C. Jotin Khisty (2003), lampu lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengatur waktu) yang memberikan hak jalan pada satu arus lalu lintas atau lebih sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien. Clarkson H. Oglesby (1999) menyebutkan bahwa setiap pemasangan lampu lalu lintas bertujuan untuk memenuhi satu atau lebih fungsi-fungsi yang tersebut di bawah ini:

1. Kehilangan waktu yang berlebihan pada pengemudi atau pejalan kaki.
2. Pelanggaran terhadap indikasi sinyal umumnya sama seperti pada pemasangan
3. khusus.
4. Pengalihan lalu lintas pada rute yang kurang menguntungkan.
5. Meningkatkan frekuensi kecelakaan, terutama tumbukan bagian belakang Kendaraan dengan pejalan kaki.

### 2.4 Kapasitas (C)

Menurut MKJI 1997, Kapasitas (C) dari suatu pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C = S \times \frac{g}{c} \dots\dots\dots 2.1$$

dengan :

- C = kapasitas pendekat (smp/jam)
- S = arus jenuh (smp/jam hijau)
- g = waktu hijau (detik)
- c = waktu siklus

### 2.5 Arus Jenuh (S)

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S<sub>0</sub>) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots\dots 2.2$$

Untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar  $S_0$  ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat ( $W_e$ ) yang diformulasikan seperti berikut ini :

$$S_0 = 600 \times W_e \dots\dots\dots 2.3$$

dengan :

- $S_0$  = Arus jenuh dasar
- $W_e$  = Lebar lengan simpang (m)
- $F_{CS}$  = Faktor koreksi Ukuran kota
- $F_{SF}$  = Faktor koreksi hambatan samping
- $F_G$  = Faktor koreksi gradien jalan
- $F_P$  = Faktor koreksi kondisi parkir
- $F_{RT}$  = Faktor koreksi proporsi belok kanan
- $F_{LT}$  = Faktor koreksi proporsi belok kiri

Derajat kejenuhan diperoleh dengan persamaan :

$$DS = \frac{Q}{c} = \frac{(Q \times c)}{(S \times g)} \dots\dots\dots 2.4$$

### 2.6 Panjang antrian

Dalam MKJI, antrian yang terjadi pada suatu pendekat adalah jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau ( $NQ$ ) yang merupakan jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya ( $NQ_1$ ) dan jumlah smp yang datang selama waktu merah ( $NQ_2$ ) yang persamaannya dituliskan seperti berikut ini :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots 2.5$$

Panjang antrian ( $QL$ ) pada suatu pendekat adalah hasil perkalian jumlah rata-rata antrian pada awal sinyal hijau ( $NQ$ ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ( $20 \text{ m}^2$ ) dan pembagian dengan lebar masuk, yang persamaannya dituliskan sebagai berikut :

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}} \dots\dots\dots 2.6$$

Dari nilai derajat kejenuhan dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian ( $NQ_1$ ) yang merupakan sisa dari fase terdahulu yang dihitung dengan rumus berikut :

Untuk  $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{c}} \right] \dots\dots\dots 2.7$$

dengan :

- $NQ_1$  = jumlah smp yang tersisa dari fase sebelumnya;
- $DS$  = derajat kejenuhan
- $GR$  = rasio hijau (g/c)
- $C$  = kapasitas (smp/jam).

Untuk  $DS \leq 0,5$  :  $NQ_1 = 0$

Jumlah antrian yang datang selama fase merah ( $NR_2$ ) dengan rumus seperti berikut:

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots 2.8$$

dengan :

- $NQ_2$  = jumlah smp yang datang selama fase merah;
- $DS$  = derajat kejenuhan
- $GR$  = rasio hijau (g/c);
- $c$  = waktu siklus (detik);
- $Q_{masuk}$  = arus lalulintas pada tempat di luar LTOR (smp/jam)

Jika lebar jalur dan arus lalulintas telah digunakan pada penentuan waktu sinyal, arus yang digunakan adalah  $Q_{keluar}$ . Agar diperoleh nilai arus simpang total yang benar, penyesuaian terhadap arus tercatat untuk seluruh pendekat.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots 2.9$$

Untuk menentukan  $NQ_{max}$  dapat dicari berdasarkan grafik peluang untuk pembebanan lebih. Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai  $pOL \leq 5\%$ , untuk operasional disarankan  $pOL = 5 - 10\%$ . Penghitungan panjang antrian ( $QL$ ) didapat dari hasil perkalian antara  $NQ_{max}$  dengan rata-rata yang ditempati tiap smp ( $20 \text{ m}^2$ ) dan dibagi lebar masuk ( $W_{masuk}$ ), yang dirumuskan di bawah ini.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \dots\dots\dots 2.10$$

**2.7 Tundaan**

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI), tundaan (*D*) pada suatu simpang dapat terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu :

- a. Tundaan lalu lintas (*DT*) yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang;
- b. Tundaan geometri (*DG*) yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan atau terhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat *j* merupakan jumlah tundaan lalu lintas rata-rata (*DT<sub>j</sub>*) dengan tundaan geometrik rata-rata (*DG<sub>j</sub>*) yang persamaannya dapat dituliskan seperti berikut ini :

$$D_j = DT_j + DG_j \dots\dots\dots 2.11$$

Berdasarkan pada Akcelik, 1998, tundaan lalu lintas rata-rata (*DT*) pada suatu pendekat dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots 2.12$$

dimana :

- DT<sub>j</sub>* = tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat *j* (det/smp)
- GR* = Rasio hijau (g/c)
- DS* = derajat kejenuhan
- C* = kapasitas (smp/jam)
- NQ<sub>1</sub>* = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat *j* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \dots\dots\dots 2.13$$

dimana :

- DG<sub>j</sub>* = tundaan geometri rata-rata pada pendekat *j* (det/smp)
- P<sub>SV</sub>* = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat
- P<sub>T</sub>* = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (*D<sub>i</sub>*) di dapat dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (*Q<sub>TOT</sub>*) dalam smp/jam dengan persamaan sebagai berikut :

$$D_i = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \dots\dots\dots 2.14$$

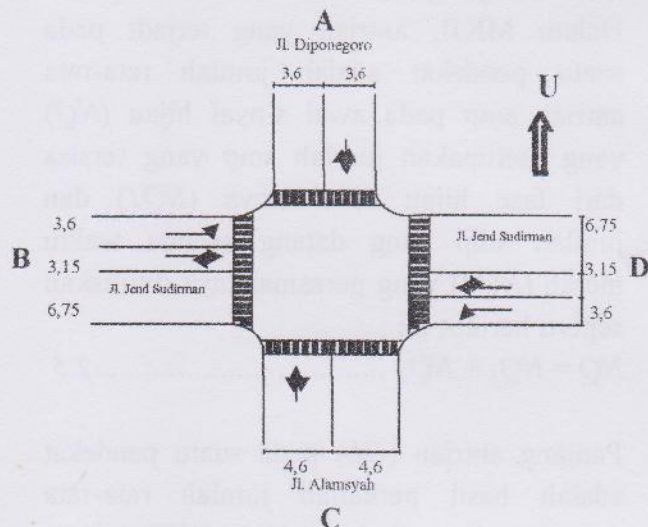
dimana :

- D<sub>i</sub>* = Tundaan rata-rata seluruh simpang (det/smp)
- QxD* = Tundaan Total (smp.det)
- Q<sub>TOT</sub>* = Arus total (smp/jam)

**III. PEMBAHASAN**

**3.1 Geometri Simpang Kondisi Eksisting**

Geometri simpang dan kondisi lingkungan Jl. Jend. Sudirman, Jl. Alamsyah dan Jl. Diponegoro dapat dilihat dari Gambar 3.1 dan Tabel 3.1 di bawah ini.



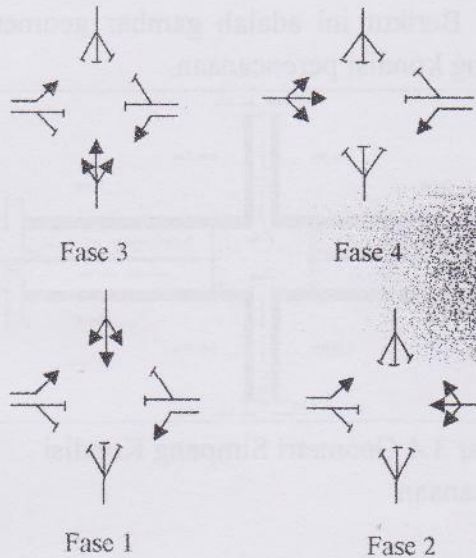
Tabel 3.1 Kondisi Lingkungan Simpang Eksisting

Pendekat	Utara	Selatan	Timur	Barat
Nama Jalan	Jl. Diponegoro	Jl. Alamsyah	Jl. Jend. Sud	Jl. Jend. Sud
Hambatan Samping	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Median	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Belok kiri jalan terus	Tidak ada	Tidak ada	Ada	Ada
Lebar Efektif/ We (m)	3,6	4,6	3,15	3,15

Sumber: Hasil Survei Lapangan

### 3.2 Fase dan Data Lampu Lalu Lintas

Simpang bersinyal Jl. Jend. Sudirman memiliki 4 fase dalam siklusnya. Fase 1 (nyala lampu hijau pertama) dimulai dari pendekat Utara yakni di Jl. Diponegoro, kemudian diteruskan fase 2 (pendekat Timur), fase 3 (pendekat Selatan) dan fase 4 (pendekat Barat). Untuk mengetahui gambar fase dan data lampu lalu lintas dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 3,2 Fase Simpang Jl. Jend Sudirman

Tabel 3.2 Data Lampu Lalu Lintas

Pendekat	Waktu Nyala (detik)			All Red
	Hijau	Kuning	Merah	
Utara	15	2	120	2
Selatan	20.36	3.1	98.21	2
Timur	28.8	3.38	71	2
Barat	29.18	3.12	66.8	2

### 3.2 Volume Lalu Lintas

Analisis data arus lalu lintas sangat berguna sekali dalam mengetahui volume lalu lintas pada waktu jam puncak. Dan dari data volume lalu lintas ini dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya dalam mengetahui kapasitas simpang, derajat kejenuhan, panjang antrian, kendaraan terhenti serta tundaan dengan berpedoman pada MKJI 1997.

Arus lalu lintas di gambarkan dalam bentuk grafik fluktuasi volume lalu lintas. Dari gambar fluktuasi ini terlihat pola arus lalu lintas yang melewati simpang terutama pada jam-jam sibuk. Dari gambar 3.3 di bawah ini terlihat bahwa arus lalu lintas tertinggi terjadi pada lengan Timur pukul 13.00-14.00 sebesar 346 smp/jam untuk pergerakan lalu lintas belok kanan (dari timur menuju utara). Yaitu pergerakan arus dari Jl. Jend Sudirman menuju Jl. Diponegoro.



Gambar 3.3 Arus Lalu Lintas Simpang

### 3.3 Kinerja Simpang Jl. Jend Sudirman

Ukuran kinerja simpang ditunjukkan dari hasil analisis yang berupa derajat kejenuhan, panjang antrian, kendaraan terhenti serta tundaan. Dalam menentukan kapasitas simpang dan derajat kejenuhan untuk kondisi eksisting, harus ditentukan terlebih dahulu tipe pendekatnya apakah terlawan (O) atau terlindung (P), setelah itu ditentukan lebar efektif ( $W_e$ ), nilai arus jenuh dasar ( $S_0$ ), faktor-faktor penyesuaian, nilai arus jenuh yang disesuaikan ( $S$ ), rasio arus (FR), rasio fase (PR), waktu siklus disesuaikan ( $c$ ) dan waktu hijau ( $g$ ). Kemudian dapat dihitung kapasitas ( $C$ ) dan derajat kejenuhan (DS).

Setelah nilai derajat kejenuhan diketahui maka selanjutnya dapat dihitung panjang antrian (QL), jumlah kendaraan terhenti (NSV) serta tundaan (D) dengan menggunakan rumus yang telah tertera di atas.

Tabel 3.3 Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

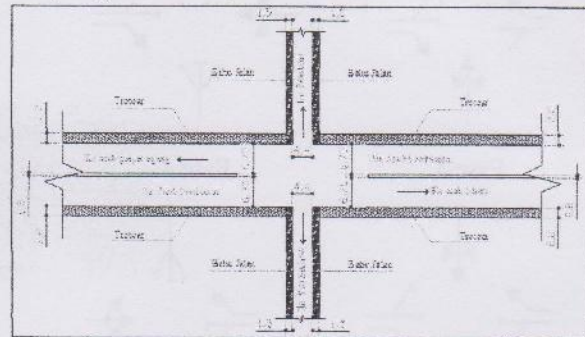
Pendekat	CT (dtk)	G (dtk)	Derajat Kejenuhan DS	Panjang Antrian QL (m)	Jmlh Kend terhenti NSV (smp/jam)	Tundaan D (det/smp)
U	113	15	0.7309	51.852	165.193	69.672
S	113	20	0.124	44.203	186.596	48.253
T	113	29	0.847	220.106	3224.61	816.961
B	113	29	0.804	95.238	306.118	58.257

Sumber: hasil olahan data primer

Dari hasil analisis dalam kondisi eksisting pada tabel 3.3 di atas terlihat bahwa kinerja simpang sangat buruk terutama pada pendekat Timur dan Barat dengan nilai derajat kejenuhannya rata-rata 0.8 yang berarti sering terjadi kemacetan pada kedua pendekat ini. Pada pendekat Timur terjadi panjang antrian kendaraan yang cukup panjang bila dibandingkan dengan ketiga pendekat yang lain. Sebab dari hasil volume lalu lintas telah diketahui bahwasanya lengan Timurlah yang paling tinggi arus lalu lintasnya.

### 3.4 Geometri Simpang Kondisi Perencanaan

Setelah mengetahui kinerja simpang yang buruk pada saat kondisi eksisting maka akan dilakukan langkah selanjutnya dengan perencanaan merubah lebar masuk dan lebar keluar pada kedua pendekat, yakni pendekat Barat dan Timur. Lebar masuk yang tadinya 3,15 meter akan direncanakan dirubah menjadi lebar 6 meter, dan lebar keluar semula 6,75 meter dirubah menjadi 3,9 meter. Berikut ini adalah gambar geometri simpang kondisi perencanaan.



Gambar 3.4 Geometri Simpang Kondisi Perencanaan

Tabel 3.4 Kondisi Lapangan Simpang Perencanaan

KONDISI LAPANGAN								
Kode Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan samping tinggi/rendah	Medan ya/tidak	Belok-kiri langsung ya/tidak	Lebar pendekat (m)			
					Pendekat WA	Masuk W MASUK	Belok kiri lang sung WLTOR	Keluar W KELUAR
U	COM	R	T	T	3.6	3.6		3.6
S	COM	R	T	T	4.6	4.6		4.6
T	COM	R	T	Y	9.6	6	3.6	3.9
B	COM	R	T	Y	9.6	6	3.6	3.9

Sumber: hasil survey lapangan

Tabel 3.5 Kinerja Simpang Kondisi Perencanaan

Pendekat	CT (dtk)	g (dtk)	Derajat Kejenuhan DS	Panjang Antrian QL (m)	Jmlh Kend terhenti NSV (smp/jam)	Tundaan D (det/smp)
U	113	15	0.731	52.778	165.193	69.672
S	113	20	0.5606	43.477	186.596	48.253
T	113	29	0.7409	81.668	529.479	47.085
B	113	29	0.422	39.443	227.903	37.402

Sumber: hasil olahan data primer

Dari Tabel 3.3 dan Tabel 3.5 di atas terlihat bahwa dengan perencanaan lebar masuk 6 meter pada pendekat Timur dan Barat, panjang antrian kendaraan lebih pendek untuk kedua pendekat tersebut bila dibandingkan dengan panjang antrian kendaraan dengan lebar masuk 3.15 meter. Demikian halnya dengan kendaraan terhenti dan tundaan simpang, dengan lebar masuk 6 meter nilainya lebih kecil bila dibandingkan dengan lebar masuk yang hanya 3.15 meter.

Dari hasil analisis perhitungan ini dapat diketahui bahwa dengan lebar masuk 6 meter pada pendekat Timur dan Barat, maka akan lebih efektif bila diterapkan di lapangan. Sebab dari pengamatan yang telah dilakukan pada pendekat Timur dan Barat kendaraan lebih sering melanggar yaitu dengan menggunakan lajur keluar dan lajur gerakan belok kiri langsung (LTOR) pada saat berhenti di lampu merah. Dengan lebar lajur 6 meter pada pendekat Timur dan Barat ini maka gerakan kendaraan untuk jalan lurus (ST) dan belok kanan (RT) akan menggunakan lajurnya tersendiri. Kenyataan sekarang ini terlihat bahwa gerakan kendaraan belok kiri jalan terus (LTOR) telah mempunyai lajur tersendiri (pada pendekat Timur dan Barat).

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis kinerja simpang Jl. Jend. Sudirman di atas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kinerja simpang dalam kondisi eksisting menunjukkan hasil yang buruk. Terlihat dari hasil derajat kejenuhan rata-rata 0.8 untuk pendekat Barat, Timur dan Utara. Kecuali pendekat Selatan derajat kejenuhannya 0.12. Panjang antrian kendaraan terpanjang terjadi pada pendekat Timur 220,10 meter.

2. Kinerja simpang dalam kondisi perencanaan hasilnya sangat baik. Nilai derajat kejenuhan rata-rata masih dibawah 0.75. Panjang antrian kendaraan pendekat Timur dan Barat dalam kondisi perencanaan lebih pendek bila dibandingkan dengan panjang antrian dalam kondisi eksisting. Panjang antrian kendaraan pada pendekat Timur semula 220,10 meter menjadi pendek 81,668 meter.

Bila dibandingkan antara kinerja simpang dalam kondisi eksisting dan kondisi perencanaan, maka kondisi perencanaan inilah sangat cocok bila benar-benar diterapkan pada simpang bersinyal Jl. Jend Sudirman. Yaitu dengan mengubah lebar masuk dan lebar keluar pada pendekat Timur dan Barat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A.A.N.A. Jaya Wikrama, (2011), *ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL (Studi Kasus Jalan Teuku Umar Barat – Jalan Gunung Salak)*, Universitas Udayana Denpasar
- Departemen Pekerjaan Umum, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta)*
- Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas dan Angkutan Kota Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, (1999), *Rekayasa Lalu Lintas, Direktorat BSLAK, Jakarta*
- Hobbs, F.D., (1995), *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*, Gadjah Mada University Press
- Khisty, C.J dan Lall, B.K., B.K. 2003, *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1*, Erlangga, Jakarta