

## ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL (Studi Kasus Persimpangan Jl. Sudirman – Jl. Urip Sumohardjo Malang)

Taufikurrahman

**Abstrak:** Persimpangan Jl. Sudirman – Jl. Urip Sumohardjo Malang adalah simpang bersinyal 4 lengan yang merupakan pertemuan dari 4 jalan yaitu Jalan Sudirman Utara, Sudirman Selatan, Urip Sumohardjo dan Patimura. Jalan Sudirman merupakan jalur kendaraan berat yang melintasi kota Malang dari arah Utara ke Selatan dan sebaliknya. Sedangkan Jalan Urip Sumohardjo merupakan pintu masuk ke kota Malang dari arah Timur. Sehingga Persimpangan ini mempunyai lalulintas harian yang tinggi. Kondisi lingkungan di sekitar simpang adalah pemukiman, perkantoran, dan pertokoan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan melakukan analisis tingkat kinerja simpang dan mencari beberapa alternatif solusi terhadap permasalahan yang ada guna meningkatkan kinerja simpang. Pengambilan data primer dilakukan dengan survei dan pengukuran kondisi geometrik. Pengolahan data menggunakan MKJI 1997. Hasil perhitungan menunjukkan, kinerja simpang pada kondisi existing kinerja persimpangan dalam kondisi buruk (tingkat pelayanan F). Perbaikan yang dilakukan adalah dengan optimasi waktu siklus. Optimasi waktu siklus dilakukan dengan menambah waktu hijau pada fase 2, yakni fase dari arah timur dan arah barat. Hal ini dilakukan karena arus lalulintas pada kedua arah ini cukup besar sehingga perlu di akomodasi. Hasil perhitungan menunjukkan perbaikan kinerja simpang dengan adanya penurunan nilai tundaan rata-rata.

**Kata Kunci:** Simpang 4 lengan, Bersinyal, Kinerja, MKJI 1997

Persimpangan Jalan Panglima Sudirman–Jalan Urip Sumoharjo merupakan simpang bersinyal dengan empat lengan yang berada di Kecamatan Klojen Kota Malang. Jalan Panglima Sudirman berarus padat karena merupakan jalur kendaraan berat dan tata guna lahan di sepanjang jalan tersebut merupakan campuran antara pemukiman, perkantoran, pertokoan, dan instansi militer. Persimpangan ini dikategorikan dalam kawasan komersial.



Gambar 1. Simpang 4-Kaki Jalan Panglima Sudirman – Urip Sumoharjo  
(Sumber : Google Earth)

Persimpangan Jl. Panglima Sudirman-Jl.Urip Sumoharjo persimpangan yang mempunyai lalulintas harian yang tinggi karena merupakan jalur yang dilewati oleh

---

Taufikurrahman adalah Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wisnuwardhana Malang  
Email: taufikurrahman73@gmail.com

kendaraan berat, baik yang akan menuju kota Malang, maupun yang akan menuju luar kota Malang. Semua kendaraan berat yang akan melintasi kota Malang baik dari arah utara maupun selatan melalui persimpangan ini.

Persimpangan ini terdiri dari empat lengan yaitu lengan sebelah utara dan selatan adalah Jl. Sudirman, lengan sebelah Timur adalah Jl. Urip Sumohardjo, lengan sebelah barat adalah Jl. Patimura. Persimpangan ini juga merupakan pintu masuk ke kota Malang dari Utara yakni melalui lengan Jl. Sudirman dan dari arah Timur melalui Jl. Urip Sumohardjo. Dengan adanya arus lalulintas yang tinggi tersebut maka pada persimpangan sering terjadi tundaan yang panjang, terutama pada saat jam sibuk.

Rumusan penelitian ini adalah:

1. Berapa besar kapasitas, panjang antrian dan derajat kejenuhan yang terjadi pada simpang?
2. Alternatif solusi apa yang paling sesuai dengan kondisi simpang bersinyal?

Tujuan dari penelitian ini adalah :

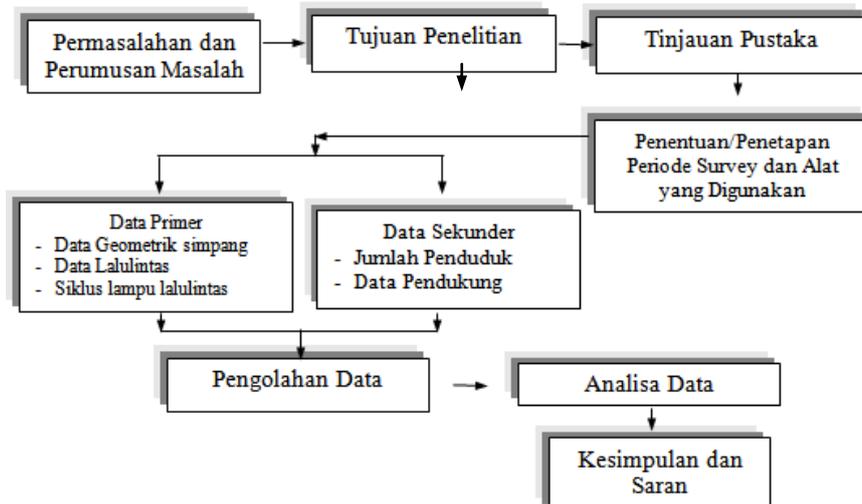
1. Menganalisis kapasitas, panjang antrian dan derajat kejenuhan yang terjadi pada persimpangan
2. Memberikan alternatif solusi pemecahan masalah yang sesuai dengan kondisi yang ada di persimpangan

Manfaat penelitian ini adalah sebagai salah satu bahan masukan mengenai kapasitas, panjang antrian dan derajat kejenuhan serta alternatif pemecahan masalah pada simpang bersinyal bagi Dinas Perhubungan kota Malang.

## METODE

### Tahapan penelitian

Tahapan penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian  
Pada langkah awal ini adalah melakukan identifikasi permasalahan
2. Studi Pustaka  
Pada langkah ini mengumpulkan pustaka-pustaka sebagai literatur yang dapat mendukung atau mendasari penelitian yang akan dilakukan.

3. Penentuan metode survey  
Pada langkah ini dilakukan perencanaan untuk survey penelitian yang meliputi penentuan waktu survey, alat dan bahan yang digunakan dan sumber daya manusia yang diperlukan.
4. Pengumpulan Data  
Pada tahapan dilakukan survey atau pengamatan langsung di lapangan untuk mendapatkan data primer yang akan digunakan dalam perhitungan.
5. Rekapitulasi Data  
Jika data yang diperoleh lengkap dalam hal ini data yang diperlukan dalam perhitungan, maka dilakukan langkah berikutnya, tapi bila data ternyata masih kurang, maka dilakukan pengumpulan data kembali.
6. Analisa dan Pengolahan Data  
Pada langkah ini, data yang telah diperoleh dan telah direkapitulasi dapat dihitung atau dianalisa untuk dapat memecahkan masalah.
7. Kesimpulan  
Selanjutnya dari analisa yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan.

#### ***Jenis dan sumber data***

Data yang otentik dan akurat adalah bagian terpenting dari penelitian ini. Untuk mendapatkan data tersebut maka perlu diklasifikasi menurut jenis dan sumber data tersebut.

1. Jenis data  
Data yang dikumpulkan dan digunakan dalam penelitian tersebut adalah berupa data yang didapat langsung dari pengamatan (data primer) dan data yang didapat secara tidak langsung (data sekunder), misal data dari literatur, wacana, dan sebagainya yang melengkapi data primer.
2. Sumber data  
Sumber data yang dimaksud adalah obyek dari penelitian tersebut, atau dengan kata lain adalah dari mana data tersebut berasal.
  - a. Sumber data primer : obyek yang diamati secara langsung di lapangan (kendaraan bermotor, kondisi lalu lintas, dsb)
  - b. Sumber data sekunder : obyek ini didapat pada buku-buku literatur dan sumber-sumber pustaka (data jumlah penduduk, faktor-faktor dalam menghitung kapasitas, dsb).

#### ***Pengambilan Data Primer***

Data primer diambil dengan melakukan survei langsung dengan mengadakan pengamatan langsung di lapangan. Dengan cara ini diharapkan dapat diketahui kondisi aktual, sehingga diharapkan tidak terjadi kesalahan dalam evaluasi dan perencanaan. Pengambilan data lalu lintas dilakukan selama tiga hari, yaitu hari Sabtu dan Minggu untuk mewakili hari libur dan hari Senin mewakili hari kerja. Pelaksanaan survey lalu lintas dilakukan mulai pukul 06.00 WIB-21.00 WIB.

#### ***Peralatan yang dibutuhkan***

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Counter
2. Pensil/pena
3. Stopwatch
4. Lembar isian data lalu lintas

### ***Pengumpulan Data***

#### **Survey Arus Lalulintas**

Prosedur perhitungan arus lalu lintas adalah sebagai berikut:

1. Menentukan satu titik pengamatan pada hulu tiap pendekat.
2. Dua orang pengamat yang memegang masing-masing dua buah alat counter berdiri di antara dua titik pengamatan pada dua hulu pendekat dan dua orang pengamat lainnya melakukan hal yang sama pada dua hulu pendekat yang lain sedangkan empat orang pengamat yang lain masing-masing berdiri di dekat jalur belok kiri langsung pada tiap pendekat.
3. Menentukan lamanya pengamatan, yaitu satu jam dengan interval lima belas menit.
4. Menghitung kendaraan yang melewati titik pengamatan yang telah ditentukan. Dua orang pengamat yang membawa alat counter satu orang menghitung arus lurus sedangkan yang satu lagi menghitung arus belok kanan pada pendekat yang diamati. Empat orang pengamat yang masing-masing berdiri di dekat jalur belok kiri langsung, menghitung arus belok kiri langsung dengan cara manual.

#### **Survei Waktu Siklus Tiap Simpang**

Waktu siklus dan waktu sinyal tiap simpang dihitung dengan menggunakan dua buah stopwatch yang dipegang oleh satu orang, dimana :

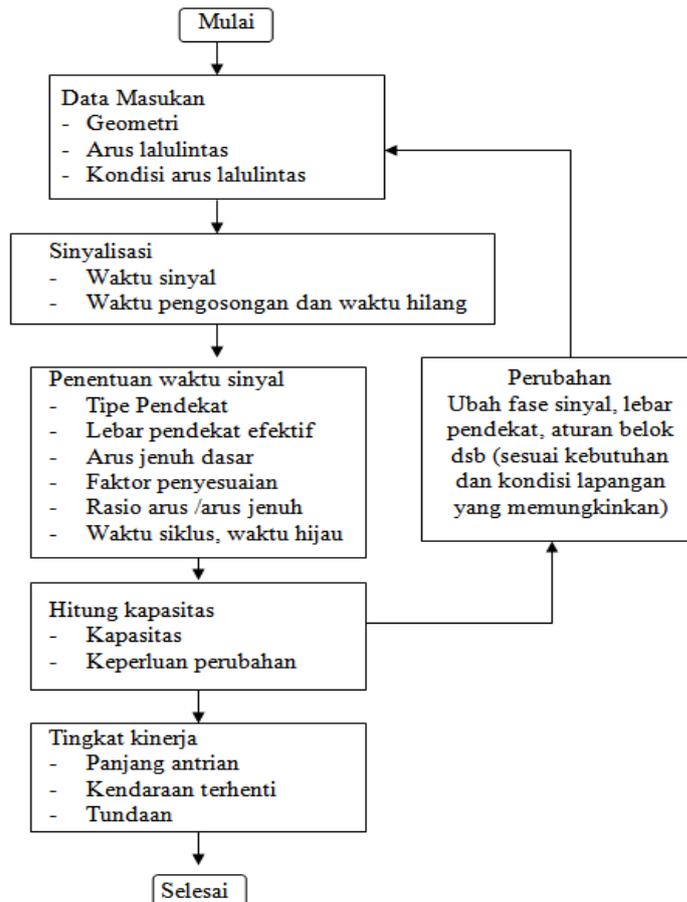
1. Stopwatch A : untuk menghitung waktu siklus.
2. Stopwatch B : untuk menghitung waktu sinyal.

Prosedur perhitungan waktu siklus dan waktu sinyal, yaitu:

1. Stopwatch A mulai dinyalakan untuk menghitung waktu satu siklus yaitu waktu untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal (contoh : waktu antara dua saat permulaan merah yang berurutan pada satu pendekat yang sama).
2. Stopwatch B dinyalakan untuk menghitung lamanya waktu masing-masing sinyal menyala, yaitu : merah, kuning, dan hijau.
3. Prosedur tersebut diulangi untuk masing-masing pendekat.

### ***Pengolahan Data***

Data yang telah dikumpulkan, kemudian dikompilasi dan diolah. Prosedur pengolahan data dilakukan sesuai dengan tujuan yang diinginkan, yaitu untuk mendapatkan kinerja simpangan bersinyal. Pengolahan data dilakukan dengan pedoman dari IHCM 1997. Prosedur pengolahan data dapat dilihat pada bagan alir berikut:



Gambar 3. Bagan Alir Pengolahan data

Setelah didapatkan analisis data maka langkah selanjutnya adalah menentukan alternatif solusi yang memungkinkan untuk memecahkan permasalahan yang ada. Dalam penyelesaian masalah ini ditentukan beberapa alternatif solusi dan dipilih yang paling sesuai dengan kondisi simpang yang ada, yaitu :

a. Penambahan lebar pendekat.

Jika mungkin untuk menambah lebar pendekat, pengaruh terbaik dari tindakan seperti ini akan diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat-pendekat dengan nilai FR Kritis tertinggi.

b. Perubahan fase sinyal

Jika pendekat dengan arus berangkat terlawan dan mempunyai rasio belok kanan tinggi menunjukkan nilai FR kritis yang tinggi ( $FR > 0,8$ ), suatu rencana fase alternative dengan fase terpisah untuk lalu lintas belok kanan mungkin akan sesuai. Rencana fase yang hanya dengan dua fase mungkin memberikan kapasitas lebih tinggi, asalkan gerakangerakan belok kanan tidak terlalu tinggi ( $< 200$  smp/jam).

c. Pelarangan gerakan-gerakan belok kanan.

Pelarangan bagi satu atau lebih gerakan belok kanan biasanya menaikkan kapasitas, terutama jika hal itu menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan. Setelah analisis simpang kondisi saat ini diperoleh dan dipilih salah satu solusi pemecahan masalah, maka simpang tersebut dianalisis lagi agar sesuai dengan kapasitas yang diharapkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Persimpangan Jl. Sudirman - Jl. Urip Sumoharjo merupakan persimpangan dari jalan arteri sekunder dan merupakan jalan utama yang berfungsi sebagai jalan regional untuk lalu lintas menuju luar kota. Jalan Sudirman merupakan arteri primer yang menghubungkan bagian utara dan selatan kota. Pada persimpangan tersebut sering terjadi kemacetan yang sampai saat ini masih belum dapat dipecahkan.

Sebagai jalan utama, kondisi jalan tersebut sudah tidak dapat mengimbangi perkembangan kota. Tataguna lahan pada lokasi persimpangan yang merupakan tataguna lahan campuran antara komersil dan permukiman, membuat persimpangan ini rawan terhadap kemacetan dan tundaan lalu lintas. Selain itu, jalur ini merupakan jalur utama kendaraan berat yang akan menuju dan atau melintasi kota Malang.

Sebagai jalan utama yang mempunyai lalu-lintas harian tinggi, perlu dilaksanakan pengembangan sedemikian rupa sehingga nantinya mampu melancarkan arus lalu lintas dan dapat menunjang perkembangan kota dengan baik

Sedangkan untuk saat ini banyak terjadi pembangunan yang tidak terkendali disepanjang jalan utama tersebut. Kecenderungan terjadinya masalah tersebut disebabkan oleh hal-hal antara lain:

1. Pertumbuhan berbagai kegiatan yang bersifat lokal disepanjang jalan wilayah studi.
2. Peningkatan hubungan sosial ekonomi antara kedua wilayah tepi jalan.
3. Berkembangnya fasilitas pelayanan lingkungan pemukiman disepanjang jalan tersebut.

### **Kondisi Geometrik**

Persimpangan ini merupakan simpang bersinyal antara Jalan Panglima Sudirman sebagai jalan mayor dan Jalan Urip Sumoharjo sebagai jalan minor, dengan kaki-kaki sebagai berikut:

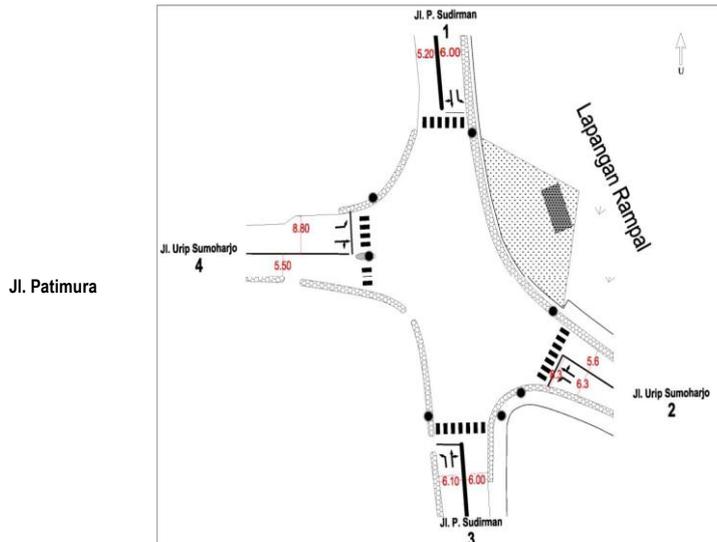
- Kaki Utara : Jalan Panglima Sudirman (Utara, dari arah Arjosari)
- Kaki Timur : Jalan Urip Sumoharjo (Timur, dari arah Sawojajar)
- Kaki Selatan : Jalan Panglima Sudirman (Selatan, dari arah Gadang)
- Kaki Barat : Jalan Patimura (Barat, dari arah Klojen)

Kondisi geometrik persimpangan diperlihatkan dalam Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1 Kondisi Geometrik Persimpangan

Kaki	Lebar (m)	Belok kiri langsung (m)	Median (m)	Tata Guna Lahan Sekitar
P. Sudirman (Utara)	11,2	2	0,4	Permukiman
Urip S (Timur)	13,9	2	0	Permukiman
P. Sudirman (Selatan)	12,1	2,5	0,4	Permukiman
Patimura (Barat)	14,3	2,5	0	Komersial

(Sumber : Hasil Survai)



Gambar 4. Kondisi Geometri Persimpangan (Sumber: Hasil Survey)

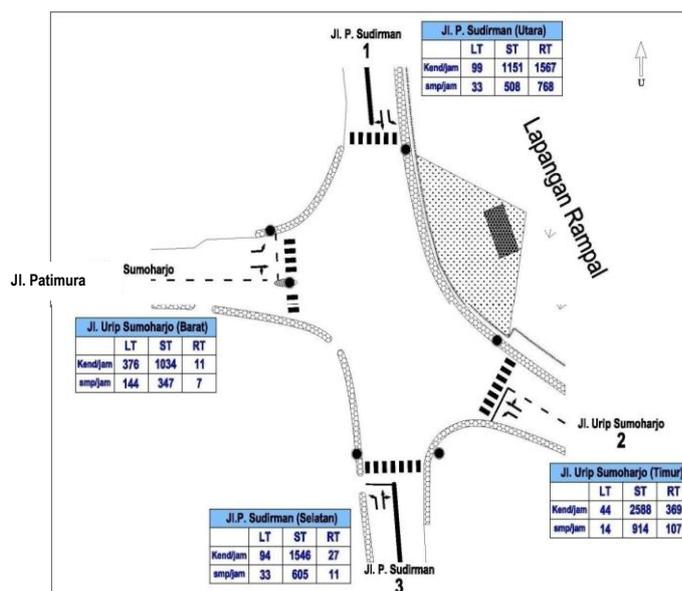
**Kondisi Arus Lalu Lintas**

Arus lalu lintas yang melalui persimpangan ini cukup tinggi. Dari hasil survey diperoleh komposisi lalu lintas jam puncak sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2, dengan proporsi pergerakan sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 5. Jam puncak terjadi pada hari Senin, jam 7.30 – 8.30.

Tabel 2. Komposisi Lalu Lintas Jam Puncak

Kaki	Jumlah Kendaraan (kend/jam)			
	Kend. Ringan	Kend. Berat	Sepeda Motor	Tak ber Motor
P. Sudirman (Utara)	775	114	1928	2
Urip S (Timur)	525	13	2463	79
P. Sudirman (Selatan)	256	101	1310	8
Patimura (Barat)	261	4	1156	20

(Sumber: Hasil Survey)



Gambar 5. Arah dan Besaran Pergerakan Kendaraan pada Simpang

### Analisa Operasional Kinerja Simpang

Sistem pengoperasian lampu lalu lintas pada persimpangan ini terdiri atas 3 (tiga) fase, di mana masing-masing kaki mayor bergerak pada fase yang berbeda, sedangkan kaki-kaki minor bergerak pada fase yang bersamaan. Adapun pembagian fase pada simpang ini diperlihatkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pembagian Fase pada Simpang

Kaki	Fase	Waktu Siklus (det)	Hijau (det)	Kuning (det)	Merah (det)
P. Sudirman (Utara)	1	119	45	2	72
Urip S (Timur)	2		24	2	93
P. Sudirman (Selatan)	3		35	2	82
Patimura (Barat)	2		20	2	97

(Sumber: Hasil Survey)

Kinerja Simpang Eksisting dengan menggunakan metode MKJI 1997 didapat seperti pada Tabel 4 dengan tingkat pelayanan simpang dihasilkan nilai F.

Tabel 4. Kinerja Eksisting Persimpangan Jl. Sudirman - Jl. Urip Sumohardjo

Kaki	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/smp)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
Utara	686	1.860	360	1641.3	3,102.47	F
Selatan	480	1.283	361	592.5		
Timur	342	4.403	217	6534.5		
Barat	341	1.546	93	1081.6		

Dari tabel 4 di atas, terlihat panjang antrian terpanjang terjadi pada pendekat selatan sebesar 361 m, kapasitas terbesar terjadi pada pendekat utara sebesar 686, derajat Kejenuhan terbesar terjadi pada pendekat timur sebesar 4,4 dan tundaan terbesar sebesar 3102 det/smp dengan tingkat pelayanan F.

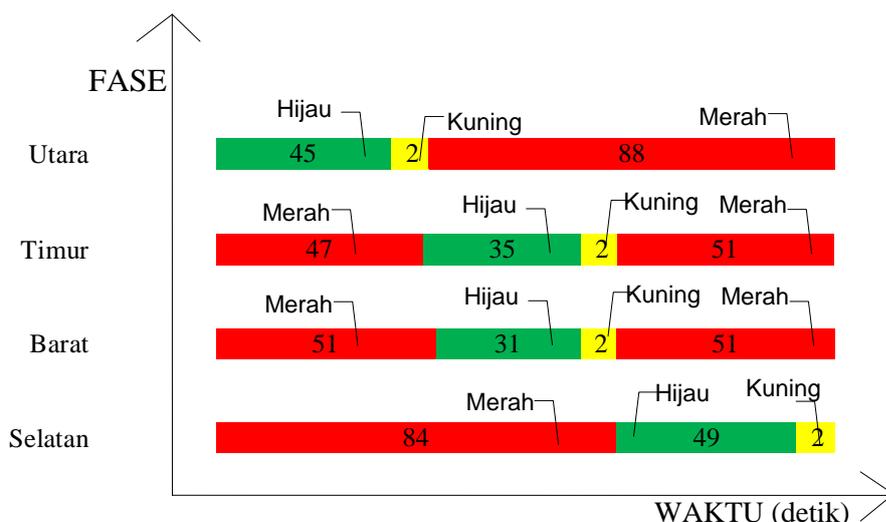
### Skenario Perbaikan Simpang

Pada dasarnya, arus lalu lintas yang melalui persimpangan ini sudah tinggi dan lebar kaki persimpangan (jumlah lajur) tidak dapat mengakomodasi konfigurasi pergerakan kendaraan yang ada, selain itu sehingga pergerakan belok kanan yang cukup besar pada. Selain itu, terdapat pergerakan sepeda yang cukup tinggi yang perlu diakomodasi. Perbaikan yang diusulkan untuk simpang ini adalah optimasi waktu siklus dan pemberlakuan larangan belok kiri langsung. Optimasi siklus dilakukan dengan menambah waktu siklus pada fase 2, dengan maksud memberi kesempatan bagi pergerakan lurus yang cukup besar pada pendekat Timur (Jl. Urip Sumoharjo). Sedangkan larangan belok kiri langsung dilakukan pada pendekat Utara dan Selatan dengan harapan akan menambah nilai arus jenuh dasar dari pendekat yang bersangkutan. Perhitungan dilakukan berdasarkan formulir dari MKJI 1997 yaitu formulir SIG-I s/d SIG-V dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 5. Optimasi Waktu Siklus pada Simpang (detik)

Keterangan	Fase I (Utara)		Fase II (Barat)		Fase II (Timur)		Fase III (Selatan)	
	Utara - Selatan	Utara Barat	Timur Barat	Timur Utara	Barat Timur	Barat Selatan	Selatan Utara	Selatan Timur
Hijau	45	45	31	31	35	35	49	49
Kuning	2	2	2	2	2	2	2	2
Merah	88	88	102	102	98	98	84	84
Total	135	135	135	135	135	135	135	135

Gambar berikut memperlihatkan pengaturan waktu yang ditentukan berdasarkan volume lalu lintas dengan perhitungan MKJI 1997



Selanjutnya, kinerja persimpangan dengan skenario perbaikan ini diperlihatkan dalam Tabel 6. Walaupun tingkat pelayanan persimpangan masih masuk level F, namun bila ditinjau dari tundaan rata-ratanya, nilainya sudah jauh berkurang, dari 3102 det/smp (kondisi eksisting) menjadi 240.53 det/smp (skenario perbaikan). Ditinjau dari derajat kejenuhannya, nilainya menunjukkan angka mendekati 1. Tabel 4.14 memperlihatkan perubahan kinerja persimpangan ditinjau dari perubahan nilai derajat kejenuhannya.

Tabel 6. Kinerja Persimpangan Pasca Optimasi Waktu

Kaki	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/smp)	Tundaan Rata-rata (det/smp)	Tingkat Pelayanan
Utara	1201	1.0896	216	230.4	240.53	F
Selatan	654	0.9923	224	121.0		
Timur	843	1.2270	143	479.8		
Barat	843	0.5900	79	33.8		

Tabel 4.14. Perubahan Kinerja Persimpangan Pasca Optimasi Waktu Siklus

Kaki	Derajat Kejenuhan Eksisting	Derajat Kejenuhan Pasca Perbaikan	% Perubahan Derajat Kejenuhan
Utara	1.8600	1.0896	-41,44%
Selatan	1.2826	0.9923	-46,64%
Timur	4.4032	1.2270	-34,03%
Barat	1.5460	0.5900	-68,28%

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dituliskan di depan, adapun kesimpulan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Kinerja Persimpangan eksisting adalah sebagai berikut: panjang antrian terpanjang terjadi pada pendekat selatan sebesar 361 m, kapasitas terbesar terjadi pada pendekat utara sebesar 686, derajat kejenuhan terbesar terjadi pada pendekat timur sebesar 4,4 dan tundaan terbesar sebesar 3102 det/smp, maka persimpangan tersebut masuk dalam Indek Tingkat Pelayanan (ITP) F yang mempunyai kondisi arus lalu lintas berada dalam keadaan dipaksakan, kecepatan relative rendah, arus lalu lintas. Kondisi tersebut sudah tidak layak untuk beroperasi, maka perlu ada perbaikan untuk peningkatan tingkat pelayanan jalan.
2. Alternatif penanganan yang dapat dilakukan sesuai kondisi lapangan adalah Optimasi siklus. Kinerja simpang pasca perbaikan menunjukkan perbaikan tingkat pelayanan dengan adanya penurunan nilai tundaan rata-rata dari dari 3102 det/smp (kondisi eksisting) menjadi 240.53 det/smp (skenario perbaikan).

## SARAN

1. Agar didapatkan perbandingan, maka evaluasi persimpangan dengan metode lain perlu dilakukan.
2. Untuk penelitian lanjutan perlu dilakukan penelitian mengenai sejauh mana perbedaan panjang antrian sesungguhnya dilapangan dibandingkan dengan hasil perhitungan (optimasi) pada kondisi lalulintas yang ada

## DAFTAR RUJUKAN

- \_\_\_\_\_. 1994. Highway Capacity Manual Special Report 209. Third Edition, Washington D.C. Transportation Research Board. National Research Council
- Akelik, R., (1993), *Traffic Signals : Capacity and Timing Analysis*, Fifth edition, Australian Road Research Board, Victoria, Australia.
- Brilon, Werner (editor), 1988. Intersection Without Traffic Signals. Proceedings of an International Workshop 16-18 March 1988 in Bochum, West Germany,.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997. Indonesian Highway Capacity Manual, Jakarta:Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Pembinaan Jalan Kota, 1990. Tata Cara Pelaksanaan Survey Perhitungan Lalu Lintas Cara Manual No. 001/BNKT/1990, Jakarta:Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Direktorat Pembinaan Jalan Kota. 1990. Tata Cara Pelaksanaan Survey Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas No. 016/BNKT/1990, Jakarta:Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Hobbs. F.D. 1995. Perencanaan Dan Teknik Lalu Lintas. edisi kedua. Yogyakarta:Gajah Mada University Press.
- Iskandar Abubakar dkk. 1995. Menuju Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang Tertib. Jakarta : Direktorat Jenderal Perhubungan Darat.
- Kimber, R.M., R.D. Coombe, 1980. The Traffic Capacity of Major/Minor Priority Junction, Depertement of the Environment Departement of Transport, TRRL Report SR 582. Berkshire :Crowthorne.
- Khisty Jotin, C, dan Kent Lall, B, 2005, Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi (Jilid 1), Edisi Ketiga (Terjemahan), Erlangga, Jakarta.
- Mahendra, M., Suteja, W., Wikrama AJ., Mayuni S. 1997. Unsignalized Intersection (T-Junction), Laporan Teknik Sipil, Fakultas Pasca Sarjana, ITB, Unpublised.

- Munawar, Ahmad, 2006, Manajemen Lalu Lintas Perkotaan, Beta Offset, Yogyakarta.
- Nusantyo, S, 1997, Biaya Transportasi Masyarakat Yogyakarta, Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Oglesby. CH dan Hicks. RG, 1998, Teknik Jalan Raya, Erlangga, Jakarta.
- Tamin, Ofyar Z, 2000, *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*, Penerbit ITB, Bandung.