

KAJIAN SIMPANG LIMA POJOK BETENG KULON KOTA YOGYAKARTA

Imam Basuki¹ dan Benidiktus Susanto²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta
Email: imbas2004@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta
Email: benis1970@gmail.com

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan Kota Yogyakarta pada saat ini membawa dampak positif dan negatif. Salah satu dampaknya adalah padatnya volume lalu lintas di beberapa ruas dan simpang bahkan sering terjadi *blocking* pada simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Selain itu ditambah dengan perilaku pengendara serta pengemudi yang tidak tertib. Simpang lima pojok Beteng Kulon Yogyakarta adalah merupakan salah satu simpang padat dengan kondisi geometri simpang yang tidak memenuhi standard dikarenakan terbatasnya lahan.

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui tentang kinerja simpang pada kondisi eksisting, kemudian menganalisa kinerja simpang dalam pertumbuhan tahun rencana, dan menentukan rekayasa lalu lintas yang sesuai, sehingga diharapkan dapat memberikan solusi alternatif dari permasalahan yang terjadi. Kajian yang dilakukan berupa analisa kinerja simpang dan jalinan jalan serta menentukan rekayasa lalu lintas yang sesuai. Metode pengambilan data yang digunakan adalah survei pencacahan lalu lintas dan peninjauan geometrik jalan kondisi eksisting. Analisis kinerja simpang dan jalinan jalan mengacu pada MKJI 1997, sedangkan rekayasa lalu lintas mengacu pada referensi terkait.

Rekomendasi hasil kajian adalah dengan upaya rekayasa lalu lintas namun tidak memberikan hasil optimum, sehingga diperlukan upaya perbaikan geometri simpang.

Kata kunci: kinerja simpang, simpang lima, pojok beteng kulon, rekayasa lalu lintas, perbaikan geometri.

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan Kota Yogyakarta pada saat ini membawa dampak positif dan negatif. Salah satu dampak adalah padatnya volume lalu lintas di beberapa ruas dan simpang bahkan sering terjadi kemacetan pada simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Selain itu ditambah dengan perilaku pengendara serta pengemudi yang tidak tertib.

Karakteristik utama dari transportasi jalan ialah bahwa setiap pengemudi bebas untuk memilih rutenya sendiri di dalam jaringan transportasi yang ada, dan karena itu perlu disediakan persimpangan-persimpangan untuk menjamin aman dan efisiennya arus lalu lintas yang hendak pindah dari satu ruas ke ruas jalan lainnya. Simpang adalah suatu daerah umum dimana dua ruas jalan atau lebih bergabung atau berpotongan, termasuk fasilitas yang ada di sekitar jalan untuk pergerakan lalu lintas dalam daerah tersebut. Simpang merupakan bagian terpenting dari jalan perkotaan sebab sebagian besar efisiensi keamanan, kecepatan, biaya operasional, dan kapasitas lalu lintas tergantung pada perencanaan simpang. Setiap simpang mencakup pergerakan lalu lintas menerus dan lalu lintas yang saling memotong pada satu atau lebih dari kaki simpang dan mencakup juga pergerakan perputaran. Pergerakan lalu lintas ini dikendalikan dengan cara bergantung pada jenis simpang. Simpang diklasifikasikan menjadi dua, yaitu simpang tak terkontrol dan simpang terkontrol. (Oglesby dan Hick: 1993)

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui tentang kinerja simpang pada kondisi eksisting, kemudian menganalisa kinerja simpang dalam pertumbuhan tahun rencana, dan menentukan rekayasa lalu lintas yang sesuai, sehingga diharapkan dapat memberikan solusi alternatif dari permasalahan yang terjadi.

Kajian yang dilakukan berupa analisa kinerja simpang dan jalinan jalan serta menentukan rekayasa lalu lintas yang sesuai. Metode pengambilan data yang digunakan adalah survei pencacahan lalu lintas dan peninjauan geometrik jalan kondisi eksisting. Analisis kinerja simpang dan jalinan jalan mengacu pada MKJI 1997.

Dalam kajian ini, simpang Pojok Beteng Kulon merupakan simpang dengan lima lengan dan merupakan salah satu simpang ber-APILL di Kota Yogyakarta yang sudah mengalami kondisi jenuh pada beberapa lengannya. Kondisi geometrik simpang disinyalir menjadi salah satu penyebab ketidaklancaran aliran lalu lintas pada simpang tersebut. Dari pengamatan visual didapatkan bahwa beberapa lengan pada simpang-simpang tersebut mengalami penyempitan, sehingga aliran lalu lintas menjadi terganggu. Penyempitan ini mengakibatkan kinerja simpang tidak optimal.

2. LANDASAN TEORI

Pengertian simpang

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan, persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang. Termasuk dalam pengertian persimpangan adalah pertigaan (simpang tiga), perempatan (simpang empat), perlimaan (simpang lima), persimpangan bentuk bundaran, dan persimpangan tidak sebidang, namun tidak termasuk persilangan sebidang dengan rel kereta api. Simpang merupakan salah satu sumber konflik dikarenakan merupakan tempat dimana lalu lintas bertemu dalam satu bidang untuk meneruskan arah yang diinginkan, sehingga pada simpang sangat berpotensi untuk terjadi kemacetan ataupun kecelakaan. Untuk itu mutlak diperlukan pengaturan pada simpang. Tujuan pengaturan simpang adalah untuk mengurangi kecelakaan, meningkatkan kapasitas dan meminimumkan tundaan. Pengaturan simpang pada dasarnya ada dua hal yaitu pengaturan dengan menggunakan sinyal dan tanpa bersinyal.

Tingkat pelayanan simpang

Dalam US HCM 1994 perilaku lalu-lintas diwakili oleh tingkat pelayanan (LOS): yaitu ukuran kualitatif yang mencerminkan persepsi pengemudi tentang kualitas mengendarai kendaraan. LOS berhubungan dengan ukuran kuantitatif, seperti kerapatan atau persen waktu tundaan. Konsep tingkat pelayanan dikembangkan untuk penggunaan di Amerika Serikat dan definisi LOS tidak berlaku secara langsung di Indonesia. Dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 kecepatan dan derajat kejenuhan digunakan sebagai indikator perilaku lalu-lintas (MKJI, 1997).

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 Tentang Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan, tingkat pelayanan adalah kemampuan ruas jalan dan/atau persimpangan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Kegiatan evaluasi tingkat pelayanan jalan yaitu kegiatan pengolahan dan perbandingan data untuk mengetahui tingkat pelayanan dan indikasi penyebab masalah lalu lintas yang terjadi pada suatu ruas jalan dan/atau persimpangan. Indikator tingkat pelayanan, mencakup antara lain:

- kecepatan lalu lintas (untuk jalan luar kota);
- kecepatan rata-rata (untuk jalan perkotaan);
- nisbah volume/kapasitas (V/C ratio);
- kepadatan lalu lintas;
- kecelakaan lalu lintas

Tingkat pelayanan pada persimpangan mempertimbangkan faktor tundaan dan kapasitas persimpangan. Tingkat pelayanan untuk persimpangan dengan menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat pelayanan persimpangan dengan APILL

Tingkat pelayanan	Tundaan (detik per kendaraan)	Load Factor
A	5,0	0,0
B	5,10 - 15,0	0,1
C	15,1 - 25,0	0,3
D	25,1 - 40,0	0,7
E	40,1 - 60,0	1,0
F	> 60	NA

Sumber : Permenhub No 14 Tahun 2006

Arus lalu lintas

Data arus lalu lintas yang digunakan untuk penghitungan adalah data arus lalu lintas untuk masing-masing pergerakan. Data rinci pergerakan lalu lintas yang dibutuhkan volume dan arah gerakan lalu lintas pada saat jam sibuk. Arus lalu-lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok-kiri QLT, lurus QST dan belok-kanan QRT) dikonversi dari

kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Klasifikasi kendaraan diperlukan untuk mengkonversikan kendaraan ke dalam bentuk satuan mobil penumpang (smp) per jam. Analisis ini dilakukan dengan cara mengalikan jumlah total dari tiap-tiap jenis kendaraan dengan faktor konversi smp yang ada pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor konversi smp

Jenis kendaraan	smp untuk tipe <i>approach</i>	
	pendekat terlindung	pendekat terlawan
Kendaraan ringan (<i>Light vehicle/LV</i>)	1,0	1,0
Kendaraan berat (<i>Heavy vehicle/HV</i>)	1,3	1,3
Sepeda motor (<i>Motorcycle/MC</i>)	0,2	0,4

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

Kinerja lalu lintas simpang bersinyal

Kapasitas simpang bersinyal

Pengertian kapasitas simpang adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati kaki persimpangan tersebut. Besarnya dipengaruhi oleh arus jenuh yang tergantung kepada jumlah yang bisa lepas pada saat hijau dan waktu hijau serta waktu siklus yang telah ditentukan. Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, Kapasitas Simpang Bersinyal (C) dihitung menggunakan persamaan :

$$C = S \times \frac{H}{c} \tag{1}$$

dimana:

- C : kapasitas simpang bersinyal, smp/jam
- S : arus jenuh, smp/jam
- H : total waktu hijau dalam satu siklus, detik
- c : waktu siklus, detik

Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) adalah rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekatan. Derajat kejenuhan (DJ) dihitung menggunakan persamaan :

$$DS = \frac{Q}{C} \tag{2}$$

dimana:

- Q : Arus lalu lintas, smp/jam
- C : kapasitas simpang bersinyal smp/jam

Perhitungan besarnya arus jenuh tidak sama untuk setiap persimpangan. Tergantung pada berbagai faktor seperti : kondisi gradien jalan, lokasi parkir, radius tikungan dan ada tidaknya lalu lintas belok kanan yang berpapasan dengan lalu lintas yang datang dari arah berlawanan. Untuk pendekatan tipe *Protected (P/Arus terlindung)*, S_o dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S_o = W_e \times 600 \tag{3}$$

Menurut Munawar (2004), untuk daerah perkotaan dapat digunakan :

$$S_o = W_e \times 775 \tag{4}$$

Perhitungan arus jenuh yang disesuaikan dihitung dengan rumus :

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \tag{5}$$

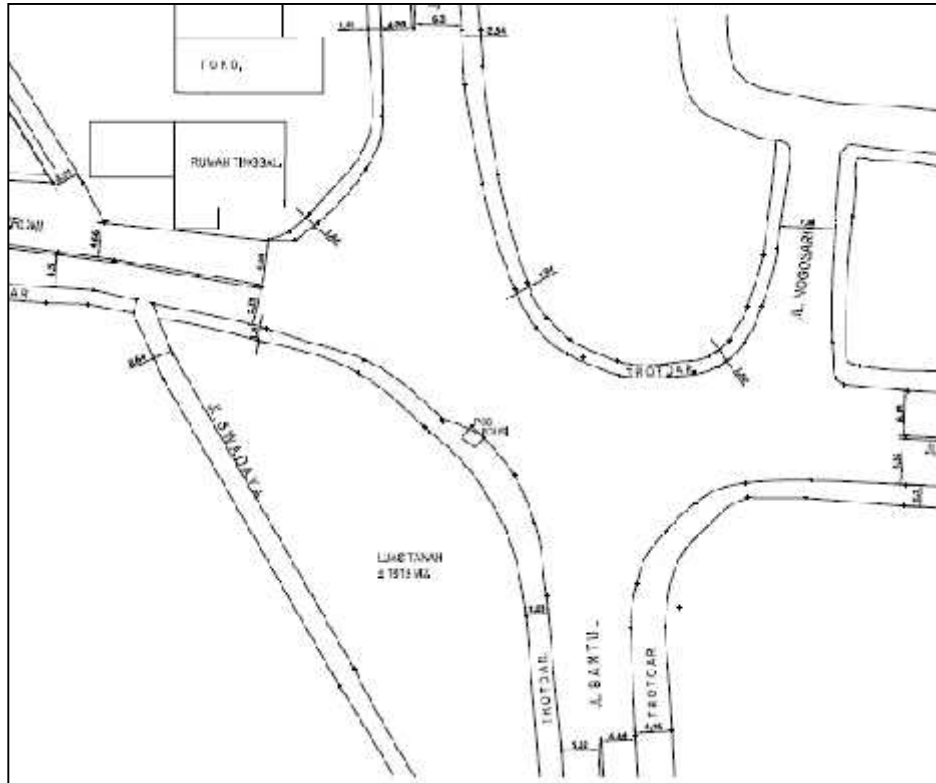
dimana :

- S_o : Arus jenuh dasar
- F_{CS} : Faktor koreksi ukuran kota
- F_{SF} : Faktor hambatan samping
- F_G : Faktor koreksi kelandaian
- F_P : Faktor koreksi kendaraan parkir

3. SIMPANG LIMA POJOK BETENG KULON

Kondisi Geometrik

Simpang Lima Bersinyal Pojok Beteng Kulon Yogyakarta menghubungkan Jln. Kyai Haji Wahid Hasyim di bagian utara, Jln. Letjend. MT. Haryono di bagian timur, Jln. Serangan Umum 1 Maret (Jln. Bantul) di bagian selatan, Jln. Sugeng Jeroni dibagian barat. Berikut kondisi geometrik Simpang Lima Pojok Beteng Kulon Yogyakarta. Kondisi geometrik ini diperlihatkan pada Gambar 1 dan Tabel 3.



Gambar 1. Kondisi Geometrik Simpang Lima Pojok Beteng Kulon Yogyakarta

Tabel 3. Lebar ruas jalan simpang lima Pojok Beteng Kulon

Kode Pendekat	Lebar pendekat (WA)	Lebar masuk (Wmasuk)	Lebar belok Kiri (WLTOR)	Kebar Kluar (Wkeluar)
U	6,30	6,30	0,00	4,28
TL	3,90	1,90	2,00	3,91
T	6,16	4,16	2,00	6,15
S	5,12	5,12	0,00	4,64
B	6,16	6,16	0,00	5,15

Keterangan:

- U = Utara (Jln. KH. Wahid Hasyim)
- TL = Timur Laut (Jln. Nagan Kulon)
- T = Timur (Jln. Letjend. MT. Haryono)
- S = Selatan (Jln. Serangan Umum 1 Maret/ Jln. Bantul)
- B = Barat (Jln. Sugeng Jeroni)

Fase lampu lalu lintas

Berikut ini data Kondisi fase lampu lalu lintas simpang lima Pojok Beteng Kulon yang diambil dari pengamatan secara langsung di lapangan, yaitu lamanya waktu hijau, waktu kuning dan waktu antar hijau di setiap pendekat ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kondisi fase lampu lalu lintas simpang lima

Kode Pendekat	waktu hijau (detik)	Waktu Kuning (detik)	waktu meran (detik)	Cycle (detik)
U	23	1	124	148
TL	14	1	133	148
T	28	1	119	148
S	30	1	117	148
B	23	1	124	148

Volume lalu lintas

Data lalu lintas dilakukan pada hari jumat, 19 September 2014 dan Rabu, 24 September 2014. Pengamatan dilakukan dalam durasi 2 jam untuk pagi, siang dan sore hari. Jenis kendaraan yang diamati adalah Kendaraan bermotor (Motor Vehicle) dan kendaraan tidak bermotor (UM=Un Motorized) yaitu :

- 1) Sepeda motor (MC), Kendaraan yang termasuk dalam MC adalah sepeda motor dan kendaraan roda tiga.
- 2) Kendaraan ringan (LV), Kendaraan yang termasuk dalam LV adalah mobil penumpang, oplet, microbus, mobil-box, dan truk mikro
- 3) Kendaraan berat (HV), Kendaraan yang termasuk dalam HV adalah bus, truk dua gandar, truk 3 gandar.
- 4) Kendaraan tidak bermotor (UM) yaitu sepeda, andong, becak, gerobak.

Adapun data yang akan dihitung adalah data optimum dari 6 kali pengamatan, dengan anggapan bahwa kondisi tersebut yang paling berpengaruh terhadap pelayanan jalan, sehingga dengan kondisi optimum tersebut bisa menjadi masukan akan kondisi sebenarnya untuk daerah simpang yang diamati. Data pada Tabel 5.

Tabel 5. Volume lalu lintas simpang lima Pojok Beteng Kulon

Dari	Arah	Lalu Lintas (kend/jam)			
		LV	HV	MC	UM
JLN.K.H.WAHID HASYIM	Jln.Nagan Kulon	-	-	18	5
	Jln.Letjen.M.T.Haryono	88	5	263	3
	Jln.Serangan Umum 1 Maret	156	1	1.386	28
	Jln.Sugeng Jeroni	22	1	185	5
JLN.NAGAN KULON	Jln.Letjen.M.T.Haryono	11	-	303	11
	Jln.Serangan Umum 1 Maret	20	1	424	18
	Jln.K.H.Wahid Hasyim	1	-	17	3
	Jln.Sugeng Jeroni	9	1	116	24
JLN.LETJEN.M.T.HARYONO	Jln.Serangan Umum 1 Maret	173	20	914	11
	Jln.Sugeng Jeroni	219	11	1.161	8
	Jln.Nagan Kulon	6	1	28	1
	Jln.K.H.Wahid Hasyim	85	5	412	4
JLN.SERANGAN UMUM 1 MARET	Jln.Sugeng Jeroni	56	20	68	2
	Jln.Nagan Kulon	12	-	473	20
	Jln.K.H.Wahid Hasyim	136	9	1.579	11
	Jln.Letjen.M.T.Haryono	74	14	238	4
JLN.SUGENG JERONI	Jln.K.H.Wahid Hasyim	25	3	101	20
	Jln.Nagan Kulon	4	1	67	1
	Jln.Letjen.M.T.Haryono	117	14	903	9
	Jln.Serangan Umum 1 Maret	68	2	481	11

Lebar efektif dan nilai dasar hijau simpang lima Pojok Beteng Kulon

Lebar efektif (W_e) didapat dari pengukuran di lapangan. Nilai dasar hijau diperoleh dari perkalian W_e dengan nilai angka 600 berdasarkan pedoman dasar dari penelitian ini yaitu Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, yang ditujukan untuk seluruh kota di Indonesia. Namun dalam perhitungan ini angka 600 dirubah menjadi 775 dengan berdasarkan kajian oleh Widodo (1997), konstanta dalam persamaan arus jenuh dasar tersebut perlu dirubah menjadi 775 dimana kondisinya lebih tepat digunakan di Indonesia. Lebar efektif dan nilai dasar hijau untuk masing-masing pendekat menggunakan nilai pengali dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Lebar efektif dan nilai dasar hijau

Kode Pendekat	Lebar efektif W_E (m)	Nilai dasar hijau S_o (smp/waktu hijau)
U	6,30	4883
TL	1,90	1473
T	4,16	3224
S	5,12	3968
B	6,16	4774

Kinerja lalu lintas simpang bersinyal Pojok Beteng Kulon

Kinerja lalu lintas simpang lima Pojok Beteng Kulon dengan kondisi geometrik dan lalu lintas seperti diatas dengan menggunakan analisa berdasar Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 diperoleh hasil yang disampaikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Kinerja lalu lintas simpang bersinyal Pojok Beteng Kulon

Kode Pendekat	W_E (m)	S_o (smp/jam)	S (smp/jam)	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS (Q/C)	Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp	Tundaan simpang rata-rata det/smp
U	6,30	4883	3710	434	577	0.7525	1,65	250,95
TL	1,90	1473	1168	141	110	1.2752		
T	4,16	3224	2534	650	479	1.3554		
S	5,12	3968	3052	559	619	0.9033		
B	6,16	4774	3771	499	586	0.8513		

4. PENANGANAN PERBAIKAN PELAYANAN SIMPANG

Manajemen Lalu Lintas Dengan Perubahan Fase Lampu Lalu Lintas

Manajemen lalu lintas adalah pengelolaan dan pengendalian arus lalu lintas dengan melakukan optimasi penggunaan prasarana yang ada untuk memberikan kemudahan kepada lalu lintas secara efisien dalam penggunaan ruang jalan serta memperlancar sistem pergerakan. Hal ini berhubungan dengan kondisi arus lalu lintas dan sarana penunjangnya pada saat sekarang dan bagaimana mengorganisasikannya untuk mendapatkan penampilan yang terbaik. Manajemen lalu lintas dilakukan dengan perubahan fase lampu lalu lintas. Hasilnya disampaikan dalam Tabel 8.

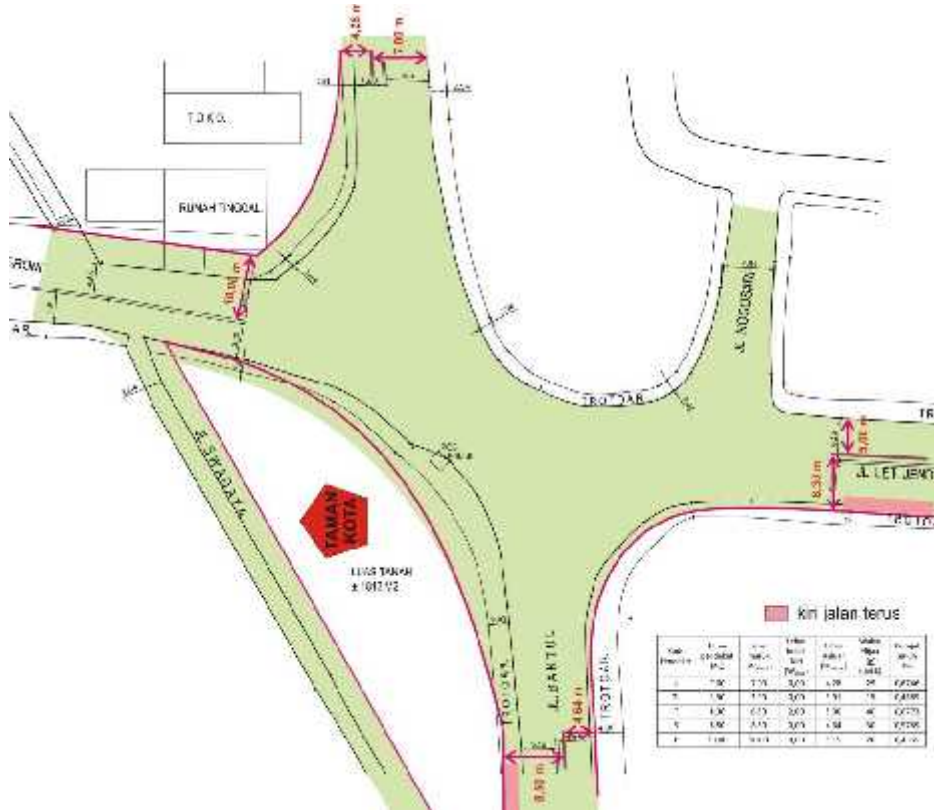
Tabel 8. Kinerja lalu lintas dengan perbaikan manajemen lalu lintas

Kode Pendekat	$W_{\text{waktu Hijau}}$ (detik)	$W_{\text{waktu Merah}}$ (detik)	Cycle (detik)	DS (Q/C)		Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp	Tundaan simpang rata-rata det/smp
				Awal sesuai fase eksisting	Baru dengan fase		
U	34	229	264	0,7525	0,9139	0,82	113,61
TL	35	228	264	1,2752	0,9139		
T	74	189	264	1,3554	0,9139		
S	53	210	264	0,9033	0,9139		
B	38	225	264	0,8513	0,9139		

Rekayasa Simpang Dengan Perubahan Fisik

Upaya perbaikan dengan melakukan perubahan fisik adalah merupakan pilihan terakhir setelah upaya manajemen lalu lintas maksimal dilakukan. Perubahan fisik dilakukan pada sisi barat, sisi utara, sisi timur dan sisi selatan. Lebar pendekat sisi barat dari 6,16 meter menjadi 10,00 meter, lebar pendekat sisi utara dari 6,30 meter menjadi 7,00 meter, lebar pendekat sisi timur dari 6,16 meter menjadi 8,30 meter dan lebar pendekat sisi selatan dari 5,12 meter berubah menjadi 8,50 meter. Dari 5 sisi pendekat yang memperbolehkan gerakan kiri jalan terus (LTOR) adalah hanya dari sisi selatan Jl. Serangan Umum 1 Maret. Perubahan juga dilakukan penggeseran divider pada sisi utara, sisi timur dan sisi selatan. Perbedaan dengan alternatif 3 hanya pada pengaturan lalu lintas yang diperbolehkan belok kiri jalan terus (ITOR). Kondisi perubahan fisik ini digambarkan dalam Gambar 2 dan hasil perhitungan kinerja

disampaikan dalam Tabel 9. Dalam perubahan fisik dibutuhkan penambahan areal luasan pada simpang, penambahan luasan digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Kondisi geometrik simpang dengan perbaikan fisik

Tabel 9. Kondisi simpang pojok beteng kulon dengan perbaikan fisik

Kode Pendekat	W_A (m)	W_E (m)	Lebar belok Kiri (W_{LOR})	W_{keluar}	Waktu Hijau (g) (detik)	Kapasitas	Kendaraan terhenti rata-rata stop/smp	Tundaan simpang rata-rata det/smp
U	7,00	7,00	0,00	4,28	25	0,6746		
TL	3,90	3,90	0,00	3,91	15	0,4665		
T	8,30	6,30	2,00	5,00	40	0,6773	0,66	51,32
S	8,50	8,50	0,00	4,64	30	0,5769		
B	10,00	10,00	0,00	5,15	20	0,4355		



Gambar 3. Penambahan lahan simpang lima Pojok Beteng Kulon

Dari gambar 3, luasan lahan rumah yang harus dibebaskan pada sisi utara barat adalah = 528 m² dan lahan di persimpangan sisi barat selatan adalah = 1.813 m².

Perkiraan harga beli @ m² adalah Rp. 10.000.000,- sehingga dibutuhkan anggaran untuk pembebasan tersebut sebesar : (528+1.813) x Rp. 10.000.000,- = Rp. 23.410.000.000,- (Dua puluh tiga milyar empat ratus sepuluh juta rupiah). Disamping biaya lahan diperlukan juga biaya untuk konstruksi yang mencakup perkerasan lentur, trotoar dan devider sebesar Rp. 1.100.627.000,-. Sehingga total diperlukan Rp. 24.510.627.000,- (Dua puluh empat milyar limaratus sepuluh juta enam ratus duapuluh tujuh ribu rupiah).

5. KESIMPULAN

Upaya manajemen lalu lintas tidak memberi hasil optimum karena DS masih diatas 0,9. Rekayasa perbaikan fisik simpang dengan membebaskan lahan menjadi pilihan terakhir sehingga nilai derajat kejenuhan (DS) cukup baik dan kendaraan terhenti rata-rata = 0,66 stop/smp serta tundaan simpang rata-rata = 51,32 det/smp.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1993). Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 Tentang *Prasarana Dan Lalu Lintas Jalan*.
- Anonim. (2006). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 Tentang *Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas Di Jalan*.
- Anonim. (2014). *Laporan Akhir Kajian Simpang Kota Yogyakarta*, Dinas Perhubungan Kota Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Munawar, Ahmad, dkk. (2003). *Evaluasi Penggunaan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 untuk Simpang Bersinyal*, Makalah pada Simposium VI FSTPT Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Munawar, Ahmad. (2004). *Program Komputer untuk Analisis Lalulintas*. Penerbit Beta Offset Yogyakarta.
- Oglesby, C. Hicks, R. G. (1993). *Teknik Jalan Raya*, Edisi ke-4 (terjemahan), Penerbit Erlangga Jakarta.
- Widodo, W. (1997). *Perbandingan Antara Metoda MKJI 1996 dengan Program Oscady pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Empat Jetis Yogyakarta)*, Tesis S2, Magister Sistem dan Teknik Transportasi (MSTT), FT-JTS, UGM, Yogyakarta (tidak dipublikasikan).