ANALISIS PENERAPAN *TRANSIT SIGNAL PRIORITY* (TSP) PADA SISTEM TRANSJAKARTA BUSWAY
Studi Kasus: Koridor VI (Ragunan – Kuningan)

Mohammad Ikhsan Arief[1]
Nahdalina[2]
[1,2] *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Gunadarma*
[1] *Jl. Aselih II, RT. 006/001, No. 38, Cipedak, Jagakarsa, Jakarta Selatan, 12630*
[2] *Jalan Akses Kelapa Dua Kampus G Universitas Gunadarma Depok*
[1] *m_ikhsan_arief@yahoo.com* , [2] *nahdalina@yahoo.com*

Abstrak

Transjakarta Busway System adalah sistem BRT yang ditempatkan di DKI Jakarta. Selama lebih dari 7 tahun beroperasi, ada masih beberapa kendala dalam sistem di mana membuat sistem busway tidak dapat beroperasi secara efektif. Dalam rangka untuk memperbaiki sistem, untuk aspek waktu tempuh, akan diadakan penelitian di Simulasi Transit Signal Priority (TSP) di Transjakarta Busway System. Penelitian ini diselenggarakan pada 6 Koridor (Ragunan - Kuningan). TSP adalah sistem transportasi cerdas yang dimodifikasi lampu lalu lintas untuk lebih mengakomodasi kendaraan transit, sehingga waktu tempuh akan berkurang tetapi lalu lintas non-transit tidak terganggu. Simulasi dilakukan menggunakan VISSIM yaitu program lalu lintas simulator. Ada tiga skenario untuk aplikasi TSP: ekstensi fase, pemotongan merah, dan fase sebelumnya. Berdasarkan simulasi VISSIM, setelah TSP digunakan, waktu tempuh rata-rata untuk Transjakarta Bus adalah 24,39 persen berkurang untuk perjalanan ke utara (dari Ragunan ke Kuningan Timur) dan 25.86 persen berkurang untuk perjalanan ke selatan (dari Kuningan Timur ke Ragunan) di periode puncak. Untuk periode puncak off, penurunan adalah 26,44 persen untuk perjalanan ke utara dan 34,92 persen untuk perjalanan ke selatan. Sedangkan rata-rata jalan samping antrian panjang meningkat 2,10 persen dan 1,20 persen untuk rata-rata lintas jalan panjang antrian pada periode puncak. Rata-rata jalan samping antrian panjang pada periode puncak meningkat sebesar 28,87 persen. Sedangkan rata-rata lintas jalan panjang antrian meningkat sebesar 1,67 persen.

Kata Kunci: *Transit Signal Priority (TSP), Transjakarta Busway, VISSIM*

APPLICATION ANALYSIS OF TRANSIT SIGNAL PRIORITY (TSP) IN TRANSJAKARTA BUSWAY SYSTEM

Abstract

Transjakarta Busway System is a BRT System deployed in DKI Jakarta. For more than 7 year operating, there're still some obstacles in the system in which make the Busway system can't operate effectively. In order to fix the system, for travel time aspect, there will be held a research in Simulation of Transit Signal Priority (TSP) in Transjakarta Busway System. The research will be held on the 6th Corridor (Ragunan – Kuningan). TSP is an intelligent transport system which modified the traffic light to better accommodate transit vehicle, so the travel time will be reduce but somehow the non-transit traffic is less disturbed. Simulation

will be executed by VISSIM, a traffic simulator program. There will be three scenarios for TSP application: phase extension, red truncation, and phase advance. Based on VISSIM simulation, after TSP is deployed, the average travel time for Transjakarta Bus is 24.39 percent reduced for northbound travel (from Ragunan to Kuningan Timur) and 25.86 percent reduced for southbound travel (from Kuningan Timur to Ragunan) in peak period. For off peak period, the decrease is 26.44 percent for northbound travel and 34.92 percent for southbound travel. While the average side-street queue length increased by 2.10 percent and 1.20 percent for average cross-street queue length on peak period. And, the average side-street queue length on off peak period is increased by 28.87 percent. While the average cross-street queue length is increased by 1.67 percent.
Keywords: *Transit Signal Priority (TSP), Transjakarta Busway, VISSIM*

PENDAHULUAN

Transjakarta Busway sebagai sebuah sistem *Bus Rapid Transit* (BRT) dianggap belum mampu memberikan pelayanan yang optimal untuk mengatasi kebutuhan perjalanan di DKI Jakarta. Berbagai permasalahan bermunculan di antaranya ketimpangan antara *supply* dan *demand*, *maintenance* yang buruk, sistem penjadwalan yang kurang efektif, serta rendahnya penegasan sanksi bagi kendaraan pribadi yang melewati jalur busway (Susilo dan Loentan, 2008).

Selain itu, permasalahan yang juga kerap menjadi penghambat kinerja Transjakarta Busway adalah tundaan yang disebabkan akibat lampu merah. Maka dalam rangka mengatasi permasalahan tersebut akan dilakukan penelitian mengenai pemberian prioritas khusus kepada bus transjakarta di persimpangan. Prioritas khusus di persimpangan dalam istilahnya dikenal dengan nama *Transit Signal Priority* (TSP) atau *Bus Priority*. TSP merupakan salah satu karakteristik dari BRT. Namun untuk sistem Transjakarta Busway, prinsip ini belum diterapkan.

TSP merupakan Sistem Transportasi Cerdas (*Intelligent Transport System*) yang memodifikasi proses pengoperasian persinyalan lampu lalu lintas yang normal untuk dapat mengakomodasi lebih baik angkutan umum, dalam kasus ini Bus Transjakarta. Tujuannya adalah untuk mengurangi keterlambatan dan waktu tempuh dari bus, sehingga dapat meningkatkan kualitas pelayanan dari bus. Sementara itu, dampak terhadap pengguna jalan lainnya diupayakan dapat terjadi seminimal mungkin. TSP sudah banyak diujicoba dan digunakan di dunia, terutama di Amerika Serikat dan Eropa, sebagai alat untuk meningkatkan kualitas pelayanan angkutan umum.

Beberapa penelitian telah banyak dilakukan di Amerika Serikat maupun di Eropa khususnya pada kota yang berukuran kecil dan menengah untuk mengevaluasi terhadap dampak dari penerapan TSP. Penelitian tersebut terbagi ke dalam dua kategori, yaitu melalui simulasi dan uji coba lapangan. Model simulasi yang umumnya digunakan adalah VISSIM, TRANSYT, NETSIM, INTEGRATION dan SCOOT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel** 1 dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Hasil Penelitian TSP dengan Simulasi

Simulasi	Parameter	Hasil
Fairfax, VA-U.S.1 VISSIM (Deshpande et al. 2003)	Waktu Tempuh Bus	2,64% menurun
	Ketepatan Waktu	3,61% meningkat
	Panjang Antrian Rata-Rata pada Sisi Jalan	1,28 ft meningkat (kurang dari panjang 1 mobil); tidak

Simulasi	Parameter	Hasil
		signifikan
Arlington, VA Columbia Pike Blvd INTEGRATION (Chang et al. 2003)	Waktu Tempuh Bus	0,9% menurun
	Ketepatan Kedatangan	3,2% perbaikan
	Keterlambatan Kendaraan Keseluruhan	1% meningkat
Arlington, VA Columbia Pike Blvd SCOOT/INTEGRATION (Dion et al. 2004)	Waktu Tempuh Bus	6% menurun
	Keterlambatan Penyebrang Keseluruhan	8% meningkat
Bremerton, WA (Collura et al. 2004)	Waktu Tempuh Bus	10% menurun
	Keterlambatan Berhenti/Kendaraan	Tidak signifikan
Ann Arbor, Michigan NETSIM/TRANSYT-7F (Collura et al. 2004)	Waktu Tempuh Bus	6% menurun (untuk bus tunggal)
Austin, Texas NETSIM (Garrow and Machemehl 2007)	Waktu Tempuh Bus	11% menurun (*optimized lower cycle length*), 10% menurun (*phase splitting*)
Fairfax, VA-U.S.1 VISSIM (Kamdar 2004)	Waktu Tempuh Bus	0,8% to 4% menurun
	Keterlambatan Terkontrol	5% to 16% menurun
	Panjang Antrian di Sisi Jalan	1,23% meningkat

Sumber: Vlachou et al (2010)

Tabel 2. Hasil Penelitian Lapangan TSP

Studi Lapangan	Parameter	Hasil
St. Cloud, Stearns County, MN (Collura et al. 2004)	Keterlambatan Bus	43% menurun
	Okupansi Bus Rata-Rata	24
	Waktu Tempuh Bus	13 to 18% menurun
Anne Arundel County, MD MDSHA Opticom (Collura et al. 2004)	Waktu Tempuh Otomatis-Arah yang Sama	9% menurun
	Waktu Tempuh Otomatis-Arah Berlawanan	4 sampai 5% menurun
Tacoma, WA – Pierce Transit Agency Opticom (Collura et al. 2004)	Waktu Tempuh Bus	5,8-9,7% menurun (*green extension*); 8,2% menurun (*green extension and/or early green*)
	Dampak Sisi Jalan	Tidak signifikan
Charlotte, NC/OPTICOM (Express Buses) Collura et al. 2004)	Waktu Tempuh Bus	4 menit menurun
	Cross Street Delays	Tidak dapat Diterima
Touluse, France (Zhang, 2001)	Waktu Tempuh Bus	11 sampai 14% menurun
	Waktu Tempuh Lalu Lintas Reguler	Tidak berubah signifikan
Strasbourg, France (Zhang, 2001)	Waktu Tempuh Angkutan Umum	4 sampai 5% menurun
Vicenza, Italy Opticom (Zhang, 2001)	Waktu Tempuh Bus	23,8% menurun
	Kecepatan Perjalanan Bus	30% menurun
Fairfax, VA, U.S.1 (Ahn et al. 2006)	Waktu Tempuh Angkutan Umum	3% to 6% menurun
	Keterlambatan di Persimpangan	9% to 23% menurun
Swansea, England SCOOT (Zhang, 2001)	Waktu Tempuh Bus	2% menurun (*passive priority*); 11% menurun (*greenextension/red truncation*); tidak ada perubahan (*green extension*)
	Keterlambatan Kendaraan Non-Publik	17% meningkat (*passive priority*); 7% meningkat (*green extension/red truncation*); 15% meningkat (*green extension*)
Zurich, Switzerland (Deshpande 2003)	Waktu Tunggu Bus	Nol (90% persimpangan bersinyal)

Sumber: Vlachou et al (2010)

Maka berdasarkan beberapa hasil penelitian terdahulu yang telah dirangkumkan pada **Tabel** 1 dan

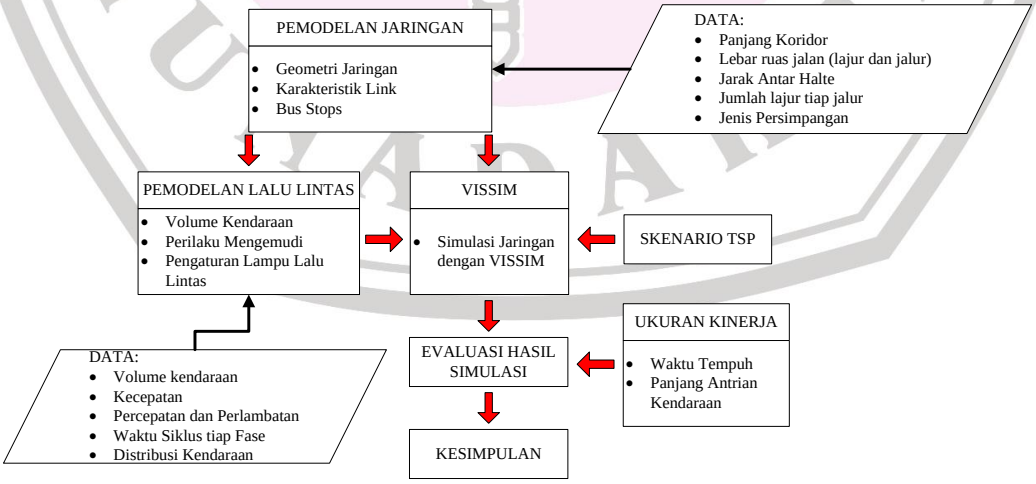
Tabel 2 akan dilakukan penelitian mengenai TSP pada sistem Transjakarta Busway. Adapun penelitian akan dilakukan dengan menggu-nakan simulasi dan program yang dipilih adalah VISSIM. Sedangkan untuk mengeva-luasi dampak penerapan TSP, parameter waktu tempuh Bus Transjakarta dan rata-rata panjang antrian kendaraan lalu lintas reguler akan dianalisis. Hipotesis dari penelitian ini adalah bahwa dengan menerapkan TSP pada sistem Busway Transjakarta, waktu tempuh (*travel time*) bus Transjakarta dapat lebih singkat (menurun) dengan dampak terhadap lalu lintas di sekitarnya tidak signifikan

METODE PENELITIAN

Pemodelan

Gambar 1 mengilustrasikan secara keseluruhan metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Seperti yang telah diilustrasikan dalam **Gambar 1**, metodologi yang digunakan dibagi ke dalam empat tahapan utama. Pada tahapan yang pertama, geometri jalan pada koridor yang akan diteliti dimodelkan dalam bentuk *links* dan *nodes* dengan format yang konsisten dengan data masukan (*input*) yang dibutuhkan pada program VISSIM. Selanjutnya, arus pergerakan dalam bentuk *routing decision* dikalibrasikan berdasarkan pengamatan lapangan yang dilakukan di tiap persimpangan di sepanjang koridor.

Dengan menggunakan jaringan dan kebutuhan lalu lintas yang telah dimodelkan, kemudian program VISSIM akan digunakan untuk mensimulasikan dampak akibat dari penerapan *Transit Signal Priority* (TSP) di koridor yang diteliti. Pada tahapan ini akan digunakan beberapa strategi aktif dari penerapan TSP untuk kemudian dicari skenario terbaik yang mungkin diterapkan di koridor yang diteliti. Ukuran keefektifan dari sistem TSP yang diterapkan dapat dilihat dari hasil simulasi VISSIM berupa, waktu tempuh dan panjang antrian kendaraan.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Kebutuhan Data

Untuk mengembangkan sebuah model simulasi VISSIM, sebuah rangkaian informasi pada jaringan transportasi yang akan dimodelkan dan disimulasikan harus tersedia. Untuk analisis yang dilakukan pada penelitian ini, data yang dibutuhkan dibagi ke dalam 5 kelompok data, yaitu:

1. Data Umum: yang berisi waktu simulasi; dan *warm-up period* (bergantung pada panjang jaringan)
2. Data Jaringan: yaitu peta yang menunjukkan seluruh jaringan yang akan diteliti; gambar detail untuk masing-masing persimpangan yang menunjukkan *lane markings*, *signal heads* dan *detectors*; jumlah dan lebar lajur untuk semua *links*; peta yang menunjukkan lokasi *bus stop*.
3. Data Arus Lalu Lintas: berupa *static routing* (Arah pergerakan di tiap simpangan dan input arus untuk tiap *entry link* di VISSIM. Data *input* arus diberikan dalam bentuk kendaraan per jam bukan smp/jam, walaupun interval yang digunakan kurang dari 60 menit); kendaraan umum seperti BRT harus dipisahkan dari data *static routing*; komposisi kendaraan (contohnya persentase HGV); panjang kendaraan; kecepatan yang diinginkan (kecepatan aktual kendaraan pada *free flow*) serta batas atas dan bawah dalam km/jam pada semua titik masuk dan untuk perubahan kecepatan.
4. Data Kontrol Sinyal: waktu siklus serta waktu *amber* dan *red-amber* (untuk tiap persimpangan bersinyal; waktu untuk *red end* dan *green end* untuk tiap fase/*signal group* (informasi tambahan untuk *fixed time signal control*); definisi *stage*, definisi *interstage*, minimum *green* dan *red times*, diagram alir dari logika program, serta parameter dan spesifikasi yang dibutuhkan untuk pengimplementasian logika (informasi tambahan yang dibutuhkan untuk *vehicle actuated signal control*).
5. Data Transit (Kendaraan Umum): informasi jaringan berupa *routing*, panjang *platforms* pemberhentian, dan variasi kecepatan yang diinginkan; informasi pelayanan berupa jadwal ataupun frekuensi dan *headway* selama periode simulasi, waktu naik turun penumpang, tingkat pelayanan, dsb; informasi kendaraan (untuk yang tidak menggunakan tipe standar VISSIM) berupa panjang kendaraan, percepatan dan perlambatan maksimum, dan panjang tiap segmen (untuk bus gandeng).

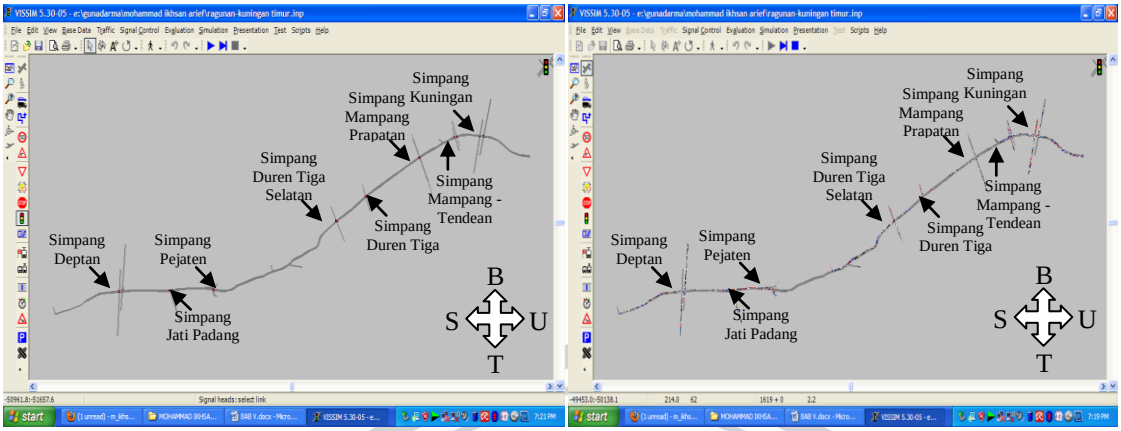
Skenario Simulasi

Dalam rangka mengevaluasi keuntungan potensial dari penerapan Transit Signal Priority (TSP) sepanjang Koridor VI Transjakarta Busway, dua periode evaluasi khusus diidentifikasikan berdasarkan observasi arus lalu lintas di sepanjang koridor, yaitu:

1. *AM Peak Period* (06.00 – 09.00 WIB): periode dengan karakter arus yang tinggi, terutama pada arah yang menuju ke utara.
2. *Midday Period* (09.00 – 12.00 WIB): periode dengan karakter arus sedang, tanpa perbedaan arus yang mencolok dari tiap arah.

Untuk mengevaluasi secara keseluruhan keuntungan potensial dari penerapan TSP, terdapat dua skenario yang dikembangkan, yaitu:

1. Skenario Dasar: Tidak ada prioritas yang diberikan untuk semua kendaraan
2. Skenario Prioritas 1: Prioritas diberikan ke seluruh armada Bus Transjakarta di Koridor VI.



Gambar 2. Pemodelan Jaringan pada VISSIM (kiri: sebelum simulasi, kanan: sesudah disimulasikan)

HASIL DAN DISKUSI

Jaringan jalan yang akan dianalisis dimodelkan dalam VISSIM dengan menggunakan data yang telah didapatkan berdasarkan hasil survey. Hasil pemodelan jaringannya dapat dilihat pada Gambar 2 dimana jaringan jalan terbentang mulai dari Ragunan (Jl. Harsono RM) di arah selatan hingga Kuningan (Jl. Rasuna Sahid) di arah utara

Analisis Waktu Tempuh Bus Transjakarta

Dalam penelitian ini, parameter waktu tempuh menjadi ukuran efektifitas dari evaluasi terhadap kinerja busway. Dan dalam rangka evaluasi tersebut, maka digunakan rata-rata waktu tempuh bus transjakarta. Adapun hasil analisis dari program VISSIM mengenai waktu tempuh pada periode puncak (peak) dapat dilihat pada Tabel 3. serta

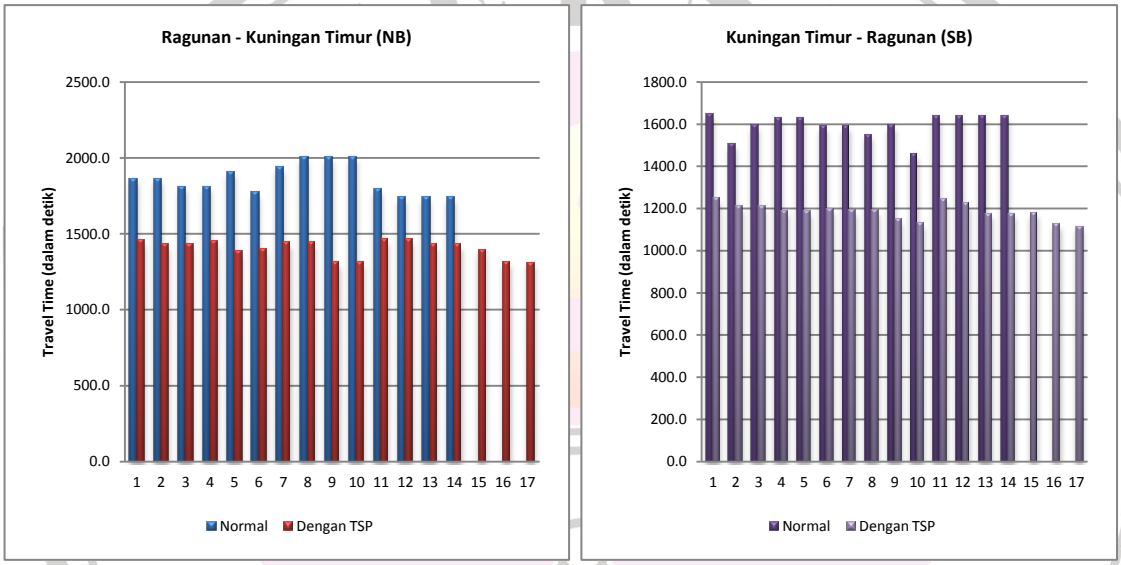
Gambar *6*.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dirangkum dalam **Tabel 3.** dan **Gambar 3**, dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan TSP pada periode puncak, waktu tempuh bus transjakarta ke arah utara dapat berkurang rata-rata 24,39 %. Selain itu juga jumlah kedatangan bus meningkat dari 14 bus menjadi 17 bus. Sedangkan, waktu tempuh bus transjakarta ke arah selatan dapat berkurang rata-rata 25,86 %. Selain itu juga jumlah kedatangan bus meningkat dari 14 bus menjadi 17 bus.

Tabel 3. Waktu Tempuh Bus Transjakarta pada *Periode Peak*

No. Bus	Waktu Tempuh (detik)			
	Sebelum		Sesudah	
	NB	SB	NB	SB
1	1860,4	1649,3	1450,6	1245,1
2	1860,4	1501,8	1425,2	1208,7
3	1807,5	1591,7	1425,2	1208,7
4	1807,5	1630,4	1445,5	1187,0
5	1905,3	1630,4	1382,3	1185,5
6	1769,6	1589,6	1398,9	1197,9
7	1937,4	1589,6	1443,4	1190,1
8	2001,7	1549,0	1443,4	1190,1
9	2001,7	1594,1	1312,9	1148,5
10	2001,7	1456,6	1312,9	1126,9
11	1792,0	1640,4	1460,4	1243,9

No. Bus	Waktu Tempuh (detik)			
	Sebelum		Sesudah	
	NB	SB	NB	SB
12	1735,5	1640,4	1460,4	1222,8
13	1735,5	1640,4	1425,5	1174,1
14	1735,5	1640,4	1425,5	1174,1
15			1392,3	1178,3
16			1313,0	1123,9
17			1309,9	1111,2
$\bar{t}$ (detik)	1853,69	1596,01	1401,61	1183,34
$\bar{t}$ (menit)	30,89	26,60	23,36	19,72
d (m)	9125,00	9125,00	9125,00	9125,00
$\bar{v}$ (m/s)	4,92	5,72	6,51	7,71
$\bar{v}$ (km/jam)	17,72	20,58	23,44	27,76



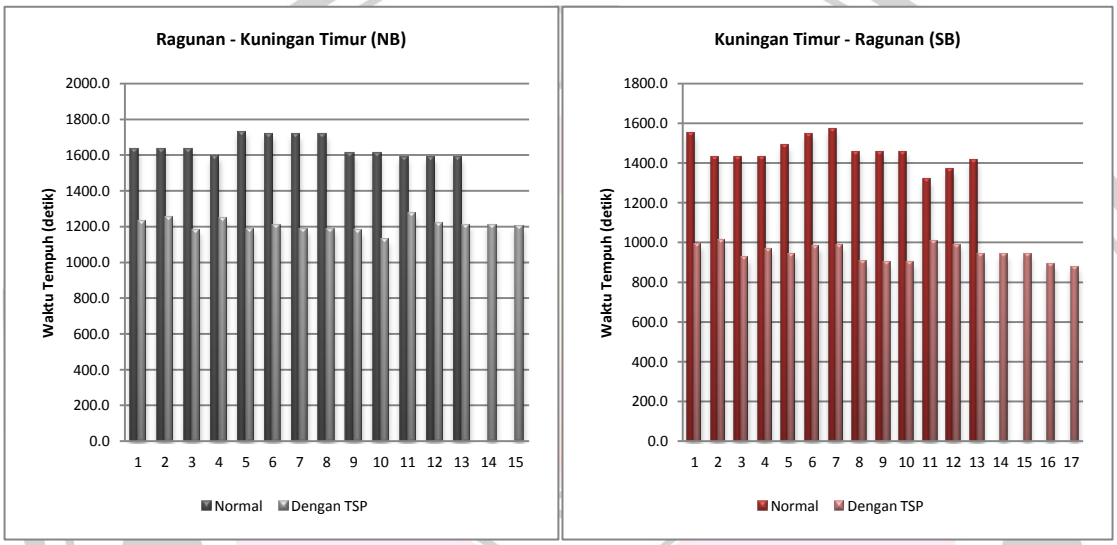
Gambar 3. Waktu Tempuh Bus Transjakarta pada Periode Peak ke Arah Utara

Sedangkan untuk periode simulasi *off peak*, hasil keluaran program VISSIM untuk waktu tempuh dapat ditabulasikan dalam Tabel 4 serta Gambar 4

Tabel 4. Waktu Tempuh Bus Transjakarta pada Periode Off Peak

No. Bus	Waktu Tempuh (detik)			
	Sebelum		Sesudah	
	NB	SB	NB	SB
1	1632,9	1546,3	1231,2	989,9
2	1632,9	1432,1	1252,8	1012,7
3	1632,9	1432,1	1183,7	925,2
4	1593,6	1432,1	1247,2	966,7
5	1728,7	1489,7	1189,2	943,5
6	1711,7	1540,3	1209,2	978,9
7	1711,7	1569,2	1186,7	986,9
8	1711,7	1453,3	1186,7	904,2
9	1609,2	1453,3	1179,3	901,1
10	1609,2	1453,3	1130,6	898,1
11	1585,3	1318,0	1271,3	1005,3
12	1585,3	1367,9	1216,8	987,3
13	1585,3	1413,3	1209,5	938,2

No. Bus	Waktu Tempuh (detik)			
	Sebelum		Sesudah	
	NB	SB	NB	SB
14			1209,5	938,2
15			1200,7	942,7
16				888,9
17				876,8
$\bar{t}$ (detik)	1640,80	1453,92	1206,96	946,15
$\bar{t}$ (menit)	27,35	24,23	20,12	15,77
d (m)	9125,00	9125,00	9125,00	9125,00
$\bar{v}$ (m/s)	5,56	6,28	7,56	9,64
$\bar{v}$ (km/jam)	20,02	22,59	27,22	34,72



Gambar 4. Waktu Tempuh Bus Transjakarta pada Periode Off Peak

Berdasarkan hasil analisis yang telah dirangkum dalam **Tabel 4.** Waktu Tempuh Bus Transjakarta pada Periode Off Peak dan **Gambar 4** dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan TSP pada periode *off peak*, waktu tempuh bus transjakarta ke arah utara dapat berkurang rata-rata 26,44 %. Selain itu juga jumlah kedatangan bus meningkat dari 13 bus menjadi 15 bus. Sedangkan, waktu tempuh bus transjakarta ke arah selatan dapat berkurang rata-rata 34,92 %. Selain itu juga jumlah kedatangan bus meningkat dari 13 bus menjadi 17 bus.

Analisis Panjang Antrian Kendaraan

Berdasarkan hasil simulasi program VISSIM, maka didapatkan nilai panjang antrian kendaraan rata-rata untuk periode puncak (*peak*). Hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 5**. dan

Tabel 6., serta **Gambar 5**.

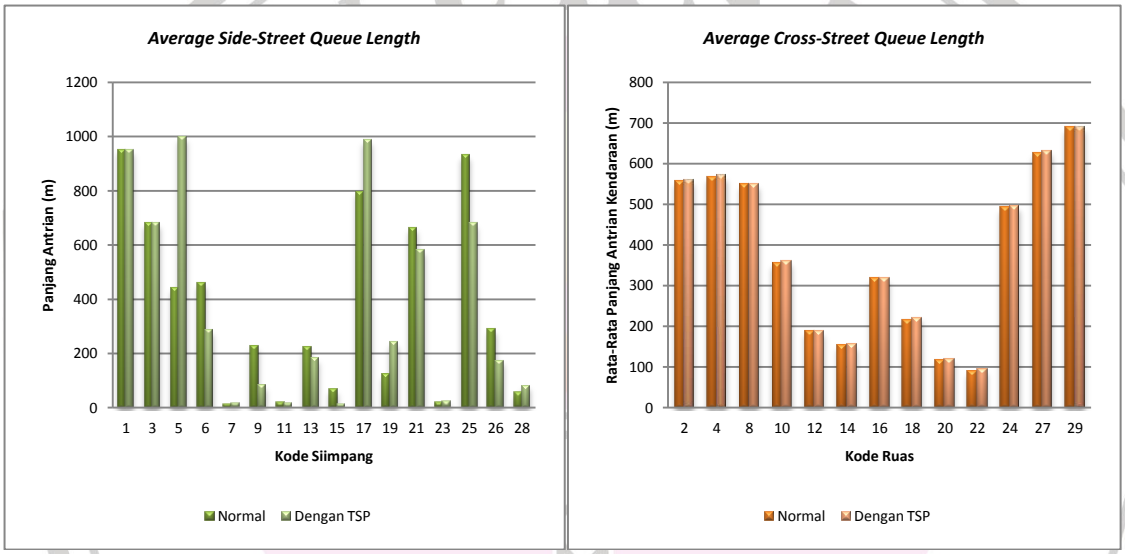
Tabel 5. Panjang Antrian Kendaraan yang Searah pada Periode Puncak

Periode	*Queue side-street length* (m)															
	1	3	5	6	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28
Peak Normal	951	678	440	458	13	225	19	220	68	796	121	662	19	931	287	54
Peak + TSP	950	678	996	285	15	82	15	181	13	986	241	579	23	680	173	80

Persentase	0	0	126	-38	15	-64	-21	-18	-81	24	99	-13	21	-27	-40	48
Rata-rata	2,10 %															

Tabel 6. Panjang Antrian Kendaraan yang Berlawanan Arah pada Periode Puncak

Periode	*Queue cross-street length* (m)												
	2	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	29
Peak Normal	556	566	549	355	187	153	317	217	116	89	491	624	687
Peak + TSP	559	569	549	360	187	154	318	221	119	94	495	631	689
Persentase	1	1	0	1	0	1	0	2	3	6	1	1	0
Rata-rata	1,20 %												



Gambar 5. Panjang Antrian Kendaraan pada Periode Puncak

Berdasarkan ilustrasi yang diberikan oleh **Gambar 5**, maka dapat dilihat bahwa pengaruh penerapan TSP pada periode puncak terhadap perubahan panjang antrian di tiap ruas jalan bervariasi. Untuk ruas dengan kode 1, 3, 7, 11 dan 23 pengaruhnya tidak signifikan. Sedang untuk ruas 6, 9, 13, 15, 21, 25 dan 26, terjadi pengurangan panjang antrian kendaraan dengan adanya TSP. Hal tersebut dimungkinkan karena dengan adanya TSP, arus lalu lintas yang searah mendapat fase hijau lebih lama. Dengan demikian antrian kendaraan berkurang. Namun untuk ruas 5, 17, 19 dan 28, panjang antrian kendaraan meningkat. Hal ini disebabkan karena tundaan akibat adanya TSP terhadap fase yang terlawan (belok kanan). Dengan demikian fase hijaunya lebih cepat, dan tundaannya semakin lama. Sehingga panjang antrian kendaraan meningkat. Secara keseluruhan, dengan diterapkannya TSP terjadi peningkatan panjang antrian kendaraan sebesar 2,10 persen untuk arus lalu lintas yang searah.

Sedangkan untuk arah yang berlawanan, berdasarkan ilustrasi yang diberikan oleh **Gambar 5**, tidak terjadi perubahan yang signifikan yang terjadi akibat penerapan TSP. Penambahan panjang antrian kendaraan memiliki rata-rata sebesar 1,20 persen.

Untuk periode *off peak*, hasil analisis dari simulasi program VISSIM dapat ditabulasikan dalam **Tabel 7**. dan **Tabel 8** serta **Gambar 6**.

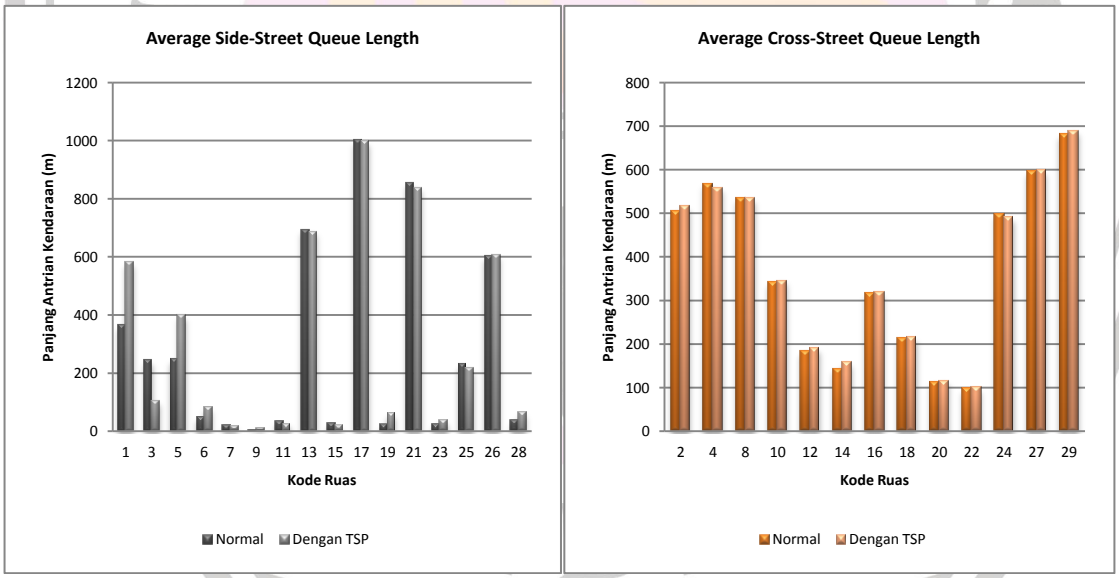
.

Tabel 7. Panjang Antrian Kendaraan yang Searah pada Periode Off Peak

Periode	*Queue side-street length* (m)															
	1	3	5	6	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28
Off Peak Normal	365	242	247	488	22	5	33	693	28	998	23	854	2531	231	602	376
Off Peak + TSP	579	104	399	800	18	11	25	687	20	995	62	838	2538	216	607	633
Persentase	59	-57	62	67	-18	120	-24	-1	-29	0	170	-2	52	-6	1	70
Rata-rata	28,87 %															

Tabel 8. Panjang Antrian Kendaraan yang Berlawanan Arah pada Periode *Off Peak*

Periode	*Queue cross-street length* (m)												
	2	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	29
Off Peak Normal	505	567	535	342	183	143	315	213	113	97	497	595	681
Off Peak + TSP	516	559	535	345	190	158	319	214	116	99	490	599	689
Persentase	2	-1	0	1	4	9	1	0	3	2	-1	1	1
Rata-rata	1,67 %												



Gambar 6. Panjang Antrian Kendaraan pada Periode Off Peak

Berdasarkan ilustrasi yang diberikan oleh

Gambar 6, maka dapat dilihat bahwa pengaruh penerapan TSP pada periode *off peak* terhadap perubahan panjang antrian di tiap ruas jalan bervariasi. Untuk ruas dengan kode 7, 9, 11, 13, 15, 17, 21, 23, 25, dan 26 pengaruhnya tidak signifikan. Sedang untuk ruas 3 terjadi pengurangan panjang antrian kendaraan dengan adanya TSP. Hal tersebut dimungkinkan karena dengan adanya TSP, arus lalu lintas yang searah mendapat fase hijau lebih lama. Dengan demikian antrian kendaraan berkurang. Namun untuk ruas 1,

5, 6, 10 dan 28, panjang antrian kendaraan meningkat. Hal ini disebabkan karena tundaan akibat adanya TSP terhadap fase yang terlawan (belok kanan). Dengan demikian fase hijaunya lebih cepat, dan tundaannya semakin lama. Sehingga panjang antrian kendaraan meningkat. Secara keseluruhan, dengan diterapkannya TSP terjadi peningkatan panjang antrian kendaraan sebesar 28,87 persen untuk arus lalu lintas yang searah.

Sedangkan untuk arah yang berlawanan, berdasarkan ilustrasi yang diberikan tidak terjadi perubahan yang signifikan yang terjadi akibat penerapan TSP. Penambahan panjang antrian kendaraan memiliki rata-rata sebesar 1,67 persen.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survey lapangan didapatkan bahwa waktu tempuh rata-rata bus transjakarta pada periode jam puncak adalah 30,03 menit ke arah utara dan 22,70 menit ke arah selatan. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi, didapatkan waktu tempuh rata-rata bus transjakarta pada periode jam puncak adalah 30,89 menit ke arah utara dan 26,60 menit ke arah selatan. Dengan demikian, pemodelan yang dibuat telah terkalibrasi dengan baik dan dinyatakan valid.
2. Berdasarkan hasil simulasi, diketahui bahwa setelah diterapkan *Transit Signal Priority* (TSP), waktu tempuh rata-rata bus transjakarta pada periode jam puncak menjadi 23,36 menit ke arah utara dan 19,72 menit ke arah selatan. Dengan demikian terjadi pengurangan waktu tempuh rata-rata sebesar 24,39 persen ke arah utara dan 25,86 persen ke arah selatan. Maka disimpulkan bahwa dengan menerapkan TSP pada periode jam puncak dapat mengurangi waktu tempuh bus transjakarta.
3. Berdasarkan hasil survey lapangan pada periode *off peak*, waktu tempuh rata-rata bus transjakarta adalah 25,55 menit ke arah utara dan 24,13 menit ke arah selatan. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi, waktu tempuh rata-rata bus transjakarta pada periode *off peak* adalah 27,35 menit ke arah utara dan 24,23 menit ke arah selatan. Dengan demikian, pemodelan yang dibuat telah terkalibrasi dengan baik dan dinyatakan valid.
4. Berdasarkan hasil simulasi, diketahui bahwa setelah diterapkan TSP, waktu tempuh rata-rata bus transjakarta pada periode *off peak* menjadi 20,12 menit ke arah utara dan 15,77 menit ke arah selatan. Dengan demikian terjadi pengurangan waktu tempuh rata-rata sebesar 26,44 persen ke arah utara dan 34,92 persen ke arah selatan. Maka disimpulkan bahwa dengan menerapkan TSP pada periode *off peak* dapat mengurangi waktu tempuh bus transjakarta.
5. Sedangkan untuk dampak terhadap lalu lintas regulernya, setelah diterapkan TSP, penambahan rata-rata panjang antrian kendaraan yang searah adalah 2,10 persen dan penambahan rata-rata panjang antrian kendaraan yang berlawanan adalah 1,20 persen untuk periode puncak.
6. Untuk periode *off peak*, setelah diterapkan TSP, penambahan rata-rata panjang antrian kendaraan yang searah adalah 28,87 persen dan penambahan rata-rata panjang antrian kendaraan yang berlawanan adalah 1,67 persen.

DAFTAR PUSTAKA

---. 2009. "*Konsep Mass Rapid Transit (MRT) sebagai Penerapan Pembangunan Transportasi Berkelanjutan*". [Online] Diunduh dari: http://trisnasristia.blogspot.com/2009/04/konsep-mrt-mass-rapid-transit-sebagai.html. Diakses pada: 1 November 2011.

Abdelghany, K. F., Abdelghany, A. F., Mahmassani, H. S., dan Abdelfatah, A. S. 2006. "*Modeling Bus Priority*

Using Intermodal Dynamic Network Assignment-Simulation Methodology". *Journal of Public Transportation*, Vol. 9, No. 5, pp. 1-22.

Amelia, S. C. 2008. "*Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang*". Jogjakarta: Universitas Islam Indonesia.

Bina Marga. 1997. "*Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*". Jakarta: Bina Marga.

BLU Transjakarta. 2011. "*Buku Profil 2010*". Jakarta: BLU Transjakarta.

Desphande, V. 2003. "*Evaluating the Impact of Transit Signal Priority Strategic on Traffic Flow Characteristics: Case Study along U.S. 1, Fairfax County, Virginia*". Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University.

Dishub DKI. 2008. "*Penerapan Busway di DKI Jakarta*". Presentasi pada Rakornas Perhubungan Darat. Surabaya, 05 November 2008.

Fellendorf, M., dan Vortisch, P. 2010. "*Chapter 2: Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM*". *Springer Science and Business Media*: *International Series in Operations Research & Management Science 145*.

Kamdar, V. 2004. "*Evaluating the Transit Signal Priority Impacts along the U.S. 1 Corridor in Northern Virginia*". Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University.

Liu, H., Skabardonis, A., dan Li, M. 2006. "*Simulation of Transit Signal Priority Using the NTCIP Architecture*". *Journal of Public Transportation*, Vol. 9, No. 3, pp. 117-136.

Ngan, V., Sayed, T., dan Abdelfatah, A. 2004. "*Impact of Various Parameters on Transit Signal Priority Effectiveness*". *Journal of Public Transportation*, Vol. 7, No. 3, pp. 71-93.

PTV AG. 2010. "*VISSIM 5.30-04 User Manual*". Jerman: PTV AG.

Rouphail, N., Tarko, A., Li, J. ---. *"Chapter 9: Traffic Flow at Signalized Intersections*". North Carolina: North Carolina State University.

Soo, H. Y., Teodorovic, D., dan Collura, J. 2006. "*A DSS Framework for Advanced Traffic Signal Control System Investment Planning*". *Journal of Public Transportation*, Vol. 9, No. 4, pp. 87-106.

Susilo, B. H., dan Loentan, A. 2008. "*Kajian Operasional Bus Rapid Transit Transjakarta dan Transmilenio Bogota*". *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 4, No. 1, pp. 87-104.

Vlachou, K., Collura, J., dan Mermelstein, A. 2010. "*Planning and Deploying Transit Signal Priority in Small- and Medium-Sized Cities: Burlington, Vermont, Case Study*". *Journal of Public Transportation*, Vol. 13, No. 3, pp. 101-123.

Zhang, Y. 2001. "*An Evaluation of Transit Signal Priority and SCOOT Adaptive Signal Control*". Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University.

Zhou, G., dan Gan, A. 2009. "*Design of Transit Signal Priority at Signalized Intersections with Queue Jumper Lanes*". *Journal of Public Transportation*, Vol. 12, No. 4, pp. 117-132.