

EVALUASI KINERJA DARI SISTEM PENGENDALIAN LALULINTAS KAWASAN PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL DENGAN BANYAK FASE DAN PERGERAKAN

A. Caroline Sutandi

Staf Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil,
Universitas Katolik Parahyangan
Jln. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141, Indonesia
Fax: +62 22 2033692, caroline@home.unpar.ac.id

Abstrak

Sistem Pengendalian Lalulintas Kawasan atau Area Traffic Control Systems (ATCS) sudah banyak dikenal sebagai salah satu sistem untuk mengurangi kemacetan lalulintas di daerah perkotaan. Tetapi penerapannya di kota-kota besar di negara berkembang perlu perhatian khusus karena pada umumnya jaringan jalan berpola *grid* di kota-kota tersebut hanya terdapat di pusat kota. Lebih lanjut, jarak antar persimpangan, jumlah kaki persimpangan dan jumlah lajur tiap arah bervariasi antara satu persimpangan dengan persimpangan lainnya, sehingga terdapat jumlah fase dan jumlah pergerakan (*movement*) yang sangat bervariasi pada persimpangan-persimpangan tersebut. Tujuan studi ini adalah untuk mengevaluasi kinerja dari sistem pengendalian lalulintas kawasan pada persimpangan-persimpangan dengan banyak fase dan pergerakan (lebih dari 10 pergerakan). Selain itu, juga untuk memberikan rekomendasi mengenai bagaimana meningkatkan kinerja lalulintas di tengah masalah-masalah transportasi yang ada sekarang sebagai kendala. Studi kasus dilakukan pada jaringan jalan di Bandung, dimana SCATS (*Sydney Coordinated Adaptive Traffic Control Systems*) telah diterapkan sejak bulan Juni tahun 1997. AIMSUN (*Advanced Interactive Microscopic Simulation for Urban and Un-urban Network*) *microsimulator* digunakan untuk mengevaluasi ATCS selama jam sibuk dan tidak sibuk. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa jumlah fase dan pergerakan yang lebih tinggi akan cenderung mengurangi arus lalulintas yang keluar dari persimpangan (*throughput*) dan meningkatkan kemacetan lalulintas di persimpangan tersebut. Oleh karena itu direkomendasikan untuk membatasi jumlah pergerakan pada persimpangan tersebut. Dengan menggunakan AIMSUN *microsimulator*, hasil perbandingan antara menerapkan dan tidak menerapkan pembatasan jumlah pergerakan pada persimpangan menunjukkan bahwa *throughput* meningkat tajam sebesar 78%, terutama selama jam sibuk pagi dan sore, dan rata-rata antrian dan antrian maksimum menurun tajam antara 55%-67%. Jadi dapat disimpulkan bahwa penerapan ATCS pada persimpangan-persimpangan dengan banyak fase dan pergerakan adalah tidak efektif. Hasil studi ini tidak hanya bermanfaat bagi kota Bandung, tetapi juga dapat bermanfaat bagi kota-kota besar lain di Indonesia dan di negara berkembang lain yang memiliki kondisi-kondisi lalulintas setempat yang serupa.

Kata-kata kunci: *Sistem pengendalian lalulintas kawasan, persimpangan bersinyal dengan banyak fase dan pergerakan, daerah perkotaan*

PENDAHULUAN

Kemacetan lalulintas yang terus meningkat merupakan masalah yang serius di kota-kota besar di dunia. Masalah ini menjadi lebih kompleks di negara-negara berkembang karena kota-kota besar berkembang lebih pesat dari kota-kota besar di negara maju. Rata-rata pertumbuhan penduduk tahunan di negara berkembang diperkirakan sekitar 5 persen, sedangkan di negara maju hanya sekitar 0,7 persen saja (Sinha, 2000).

Sistem Pengendalian Lalulintas Kawasan atau *Area Traffic Control Systems* (ATCS) adalah salah satu teknologi *Intelligent Transportation Systems* yang telah banyak diterapkan dengan tujuan mengurangi masalah-masalah kemacetan lalulintas di kota-kota besar di negara berkembang (US DOT, 2000, ITS Australia, 1999). Walaupun demikian, penerapan ATCS di negara-negara berkembang perlu mendapat perhatian khusus karena

selain perkembangannya yang pesat, kondisi jaringan jalannya pun spesifik. Jaringan jalan di kota-kota besar tersebut pada umumnya berpola *grid* hanya di pusat kota saja. Lebih lanjut, jarak antar persimpangan, jumlah kaki persimpangan dan jumlah lajur tiap arah bervariasi antara satu persimpangan dengan persimpangan lainnya, sehingga terdapat jumlah fase dan jumlah pergerakan (*movement*) yang sangat bervariasi pada persimpangan-persimpangan tersebut.

Tujuan studi ini adalah untuk mengevaluasi kinerja dari sistem pengendalian lalu lintas kawasan pada persimpangan-persimpangan bersinyal (selanjutnya disebut persimpangan) dengan banyak fase dan pergerakan (lebih dari 10 pergerakan). Selain itu, juga untuk memberikan rekomendasi mengenai bagaimana meningkatkan kinerja lalu lintas di tengah masalah-masalah transportasi yang ada sekarang sebagai kendala. Studi kasus dilakukan pada jaringan jalan di Bandung, dengan SCATS (*Sydney Coordinated Adaptive Traffic Control Systems*) telah diterapkan sejak bulan Juni tahun 1997 (AWA Plessey, 1996). AIMSUN (*Advanced Interactive Microscopic Simulation for Urban and Un-urban Network*) *microsimulator* digunakan untuk mengevaluasi ATCS selama jam sibuk pagi (7:00-8:00), jam tidak sibuk (10:00-11:00), dan jam sibuk sore (16:30-17:30).

Hasil studi ini tidak hanya bermanfaat bagi kota Bandung, tetapi juga dapat bermanfaat bagi kota-kota besar lain di Indonesia dan di negara berkembang lain yang memiliki kondisi-kondisi lalu lintas setempat yang serupa.

PENERAPAN SISTEM PENGENDALIAN LALU LINTAS KAWASAN DI NEGARA BERKEMBANG

Sistem pengendalian lalu lintas kawasan sudah banyak dikenal sebagai salah satu sistem yang digunakan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas di daerah perkotaan. Sistem ini juga efektif dalam mengkoordinasi sinyal pengatur lalu lintas (*traffic light*) untuk mengurangi tundaan (*delay*), perhentian (*stops*), dan konsumsi bahan bakar (Luk, 1992) serta memaksimalkan arus lalu lintas yang keluar dari persimpangan (*throughput*), sebagai respon atas kebutuhan lalu lintas saat itu (Giannakodakis, 1995) dan meningkatkan keselamatan (PATH, ITS DSS, 2005).

Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System (SCATS)

Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System (SCATS) adalah sistem pengendalian lalu lintas kawasan yang banyak digunakan di kota-kota besar di Asia, Australia, dan Amerika Utara (PATH, ITS, 2005). SCATS dibuat oleh Department of Main Roads di New South Wales, Australia. Sistem pengendalian yang dinamis dan adaptif ini dapat mengakomodasi perubahan-perubahan kondisi lalu lintas dengan menggunakan *real time* data dari sejumlah sumber yang berbeda seperti *road detector* di *stop line*, kamera video (CCTV), dan tombol pejalan kaki (*pedestrian push button*). Sistem ini juga selalu memperbaharui waktu siklus (*cycle time*), perubahan fase (*phase split*) di tiap persimpangan dan melakukan koordinasi dengan persimpangan-persimpangan yang berdekatan dalam jaringan jalan tersebut untuk memenuhi variasi perubahan sesuai dengan *demand* untuk meningkatkan arus lalu lintas (US DOT, 2005). SCATS adalah sistem yang sekarang diterapkan di Bandung dan merupakan pokok bahasan dalam studi ini.

Kondisi-kondisi Lokal Jaringan Jalan

Penerapan SCATS di negara-negara berkembang memerlukan perhatian khusus, karena kota-kota besar di negara-negara berkembang menghadapi masalah-masalah

transportasi yang lebih kompleks daripada kota-kota besar di negara maju (Sinha, 2000). Kota-kota di negara berkembang mempunyai kepadatan jaringan jalan yang rendah, yaitu hanya 6 persen sampai 11 persen dari luas total kota, sedangkan kepadatan jaringan jalan di kota-kota besar di negara maju, seperti London, Paris, dan New York, adalah 20 persen sampai 25 persen (Morichi, 2005). Infrastruktur jalan yang terbatas ini harus melayani penduduk kota dengan kepadatan yang tinggi dan melayani kendaraan dengan pertumbuhan tahunan yang tinggi (Sutandi dan Dia, 2005a). Pengelola jalan menyadari bahwa penerapan *Intelligent Transportation Systems* diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan kapasitas dari jaringan jalan yang ada.

Untuk menghasilkan kinerja lalu lintas yang baik, penerapan SCATS di negara berkembang harus mempertimbangkan kondisi-kondisi lokal yang umum terjadi. Beberapa contoh kondisi-kondisi lokal ini adalah pola jaringan jalan yang tidak teratur, pola jaringan jalan grid hanya terdapat di pusat kota, banyaknya tipe persimpangan dengan tiga, empat, dan lima kaki persimpangan, bervariasinya jumlah lajur dan lebar lajur tiap arah, bervariasinya jumlah fase dan pergerakan tiap persimpangan, kegiatan parkir dekat persimpangan, gangguan samping yang tinggi karena kegiatan pedagang kaki lima dan kegiatan parkir di badan jalan, dan pengaturan penggunaan lahan yang tidak tertib.

Dengan kondisi geometrik, kondisi lalu lintas, dan perilaku pengendara yang ada, maka persimpangan dengan banyak fase dan pergerakan akan mengurangi *throughput* dan meningkatkan kemacetan lalu lintas, karena jumlah fase dan pergerakan yang banyak memerlukan waktu yang banyak pula untuk kembali pada fase dan pergerakan yang sama untuk menghasilkan *throughput* selama periode hijau. Dalam kondisi seperti ini, sangatlah penting untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem pengendalian lalu lintas kawasan pada persimpangan jenis ini.

Jika sistem pengendalian lalu lintas kawasan tidak dapat meningkatkan kinerja lalu lintas, misalnya meningkatkan *throughput* dan mengurangi antrian di persimpangan, atau mengurangi waktu tempuh pada koridor yang berkaitan, maka penerapan sistem canggih pada persimpangan seperti ini tidak efektif. Oleh karena itu, lebih baik persimpangan ini tetap dikendalikan oleh sistem pengendalian lalu lintas *fixed time*, jika penerapan sistem canggih ini masih dalam tahap perencanaan. Lebih lanjut, penetapan persimpangan mana saja yang akan dikoordinasi oleh sistem pengendalian lalu lintas kawasan akan lebih efisien dan pengeluaran dana yang tidak perlu dapat dihindari. Di sisi lain, jika sistem canggih ini sudah diterapkan, maka rekomendasi mengenai bagaimana meningkatkan kinerja lalu lintas dapat diusulkan.

PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dilakukan pada semua persimpangan dengan koordinasi SCATS, pada sejumlah jalan di Bandung, selama jam sibuk pagi (7:00-8:00), jam tidak sibuk (10:00-11:00), dan jam sibuk sore (16:30-17:30). Semua persimpangan yang diamati tersebut dibagi menjadi dua region, yaitu Region Utara dan Region Selatan. Pada saat ini SCATS mengendalikan 117 persimpangan dari 135 persimpangan yang ada. Persimpangan yang tercakup dalam studi ini adalah sebanyak 90 persimpangan dengan koordinasi SCATS, sedangkan 27 persimpangan lainnya dalam keadaan *flashing yellow signal* karena perubahan peraturan arus lalu lintas.

Data lapangan yang dikumpulkan mencakup data *throughput*, fase, arah pergerakan (*turning movement*), dan waktu siklus di setiap persimpangan, antrian pada persimpangan dengan fasilitas CCTV, dan waktu tempuh pada koridor-koridor terkait. Data yang diperoleh dari SCATS direkam setiap 15 menit termasuk data *throughput* di setiap *loop*

detector pada setiap persimpangan dan data antrian pada persimpangan-persimpangan dengan fasilitas CCTV.

Data yang detail dalam jumlah besar ini dikumpulkan dua kali dalam waktu yang berbeda. Set data pertama digunakan untuk membuat dan mengkalibrasi model simulasi lalulintas mikro (*microscopic traffic simulation model*) dan data set kedua digunakan untuk memvalidasi model tersebut.

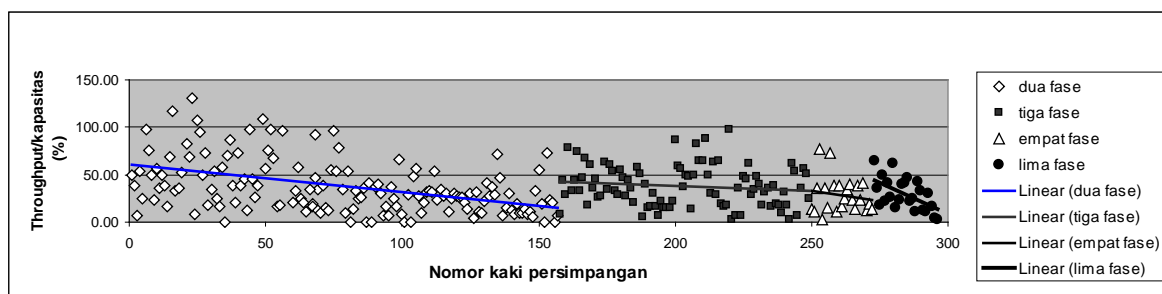
AIMSUN MICROSIMULATOR

GETRAM (*the Generic Environment for Traffic Analysis and Modelling*) digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi kinerja sistem pengendalian lalulintas kawasan pada persimpangan dengan banyak fase dan pergerakan. GETRAM terdiri atas TEDI (*traffic editor*) untuk membuat model simulasi jaringan jalan Bandung dan AIMSUN untuk membuat model simulasi lalulintas mikro Bandung (TSS, 2004a, TSS, 2004b).

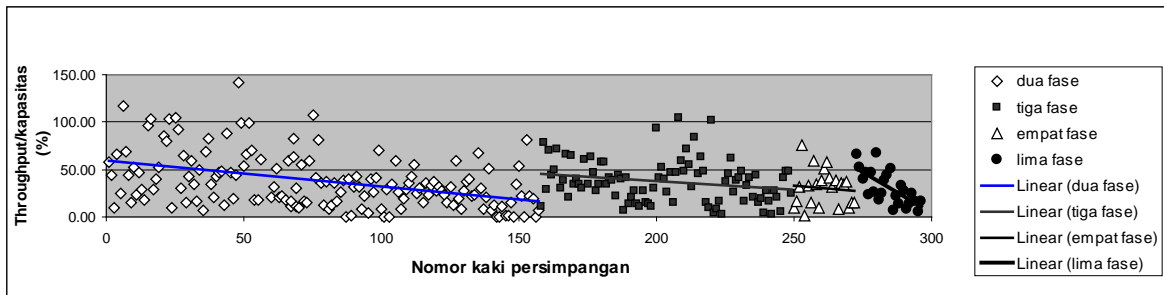
Sebelumnya, model simulasi lalulintas mikro Bandung selama jam sibuk pagi, jam tidak sibuk, dan jam sibuk sore, telah dikalibrasi dan divalidasi dengan menggunakan GETRAM. Lebih lanjut, sejumlah uji statistika, seperti *Paired T-test*, *Two Sample T-test*, Analisis Regresi, Analisis Varians, dan Analisis Korelasi (Mason, Robert L. et al., 2003, Montgomery, Douglas C., and Runger, George C., 2003, Ott, R. Lyman, and Longnecker, Michael, 2001) telah dilakukan untuk menentukan kemampuan atau keandalan model simulasi mikro ini untuk menggambarkan kondisi lalulintas yang ada. Berdasarkan hasil analisis terhadap kelima metode statistika tersebut, semua model kalibrasi dan model validasi selama jam sibuk dan jam tidak sibuk menghasilkan kondisi-kondisi lalulintas dengan tingkat kepercayaan yang dapat diterima ($\alpha = 0,01$ dan $\alpha = 0,05$). Oleh karena itu, semua model benar-benar dapat diterima sebagai simulasi yang signifikan dan valid dari kondisi-kondisi lalulintas nyata di lapangan (Sutandi and Dia, 2005a, 2005b). Model-model yang telah divalidasi ini kemudian akan digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pengendalian lalulintas kawasan SCATS pada persimpangan dengan banyak fase dan pergerakan.

EVALUASI KINERJA

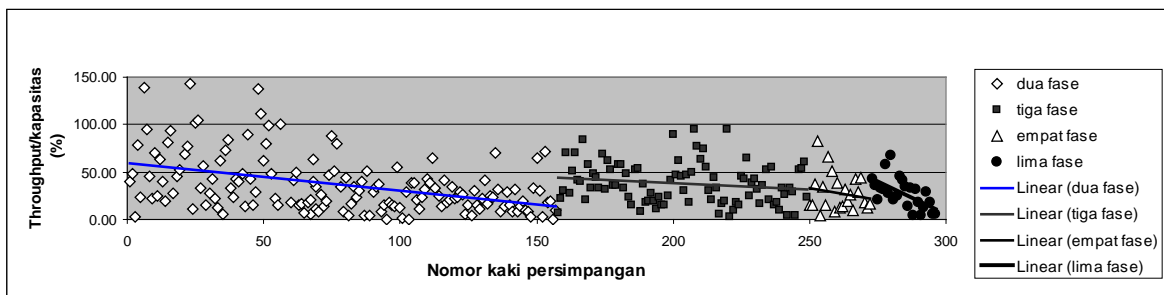
Dengan menggunakan model simulasi lalulintas mikro Bandung yang telah divalidasi, gambaran *throughput* dibagi dengan kapasitas pada tiap kaki persimpangan, berdasarkan jumlah fase (2-5 fase) dan pergerakan (6-15 pergerakan), seperti disajikan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3.



Gambar 1 *Throughput*/Kapasitas pada Kaki Persimpangan di Bandung Selama Jam Sibuk Pagi



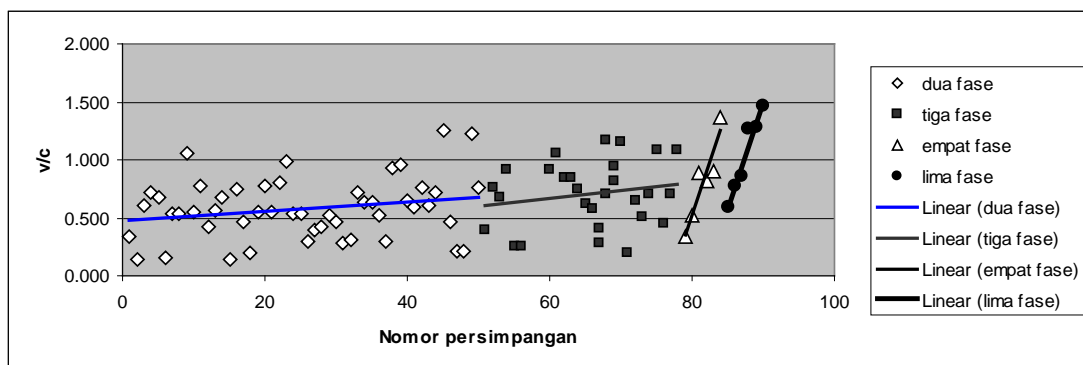
Gambar 2 *Throughput/Kapasitas* pada Kaki Persimpangan di Bandung Selama Jam Tidak Sibuk



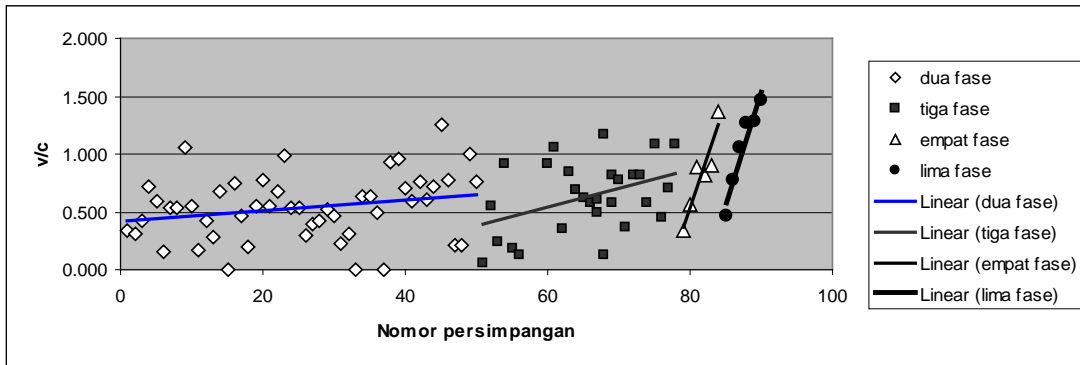
Gambar 3 *Throughput/Kapasitas* pada Kaki Persimpangan di Bandung Selama Jam Sibuk Sore

Throughput sendiri tidak dapat digunakan untuk membandingkan besarnya arus lalu lintas di persimpangan dengan jumlah fase dan pergerakan yang bervariasi, karena besarnya *throughput* pada setiap persimpangan bergantung pada jumlah kaki persimpangan, jumlah lajur tiap arah, dan lebar lajurnya. Oleh karena itu, kapasitas masing-masing kaki persimpangan digunakan untuk membagi *throughput* pada kaki persimpangan yang bersangkutan. Dapat dilihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3 bahwa *throughput/* kapasitas cenderung menurun tajam dengan meningkatnya jumlah fase dan pergerakan pada persimpangan.

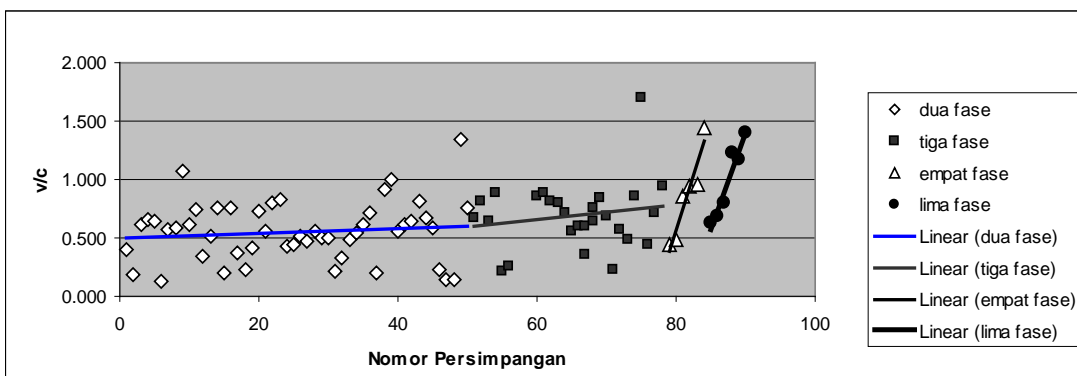
Rasio volume terhadap kapasitas (v/c ratio) dari jalan utama dan jalan minor pada semua persimpangan di Bandung disajikan pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 9. Gambar-gambar ini menunjukkan bahwa meningkatnya jumlah fase dan pergerakan akan meningkatkan pula rasio v/c pada persimpangan. Rasio v/c adalah salah satu indikator kinerja lalu lintas untuk menunjukkan kemacetan lalu lintas.



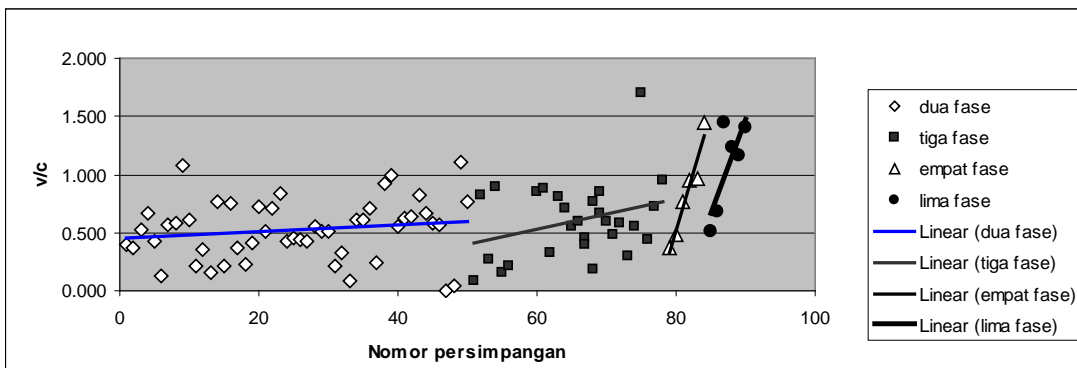
Gambar 4 Rasio v/c Jalan Utama pada Persimpangan di Bandung Selama Jam Sibuk Pagi



Gambar 5 Rasio v/c Jalan Minor pada Persimpangan di Bandung Selama Jam Sibuk Pagi



Gambar 6 Rasio v/c Jalan Utama pada Persimpangan di Bandung Selama Jam Tidak Sibuk

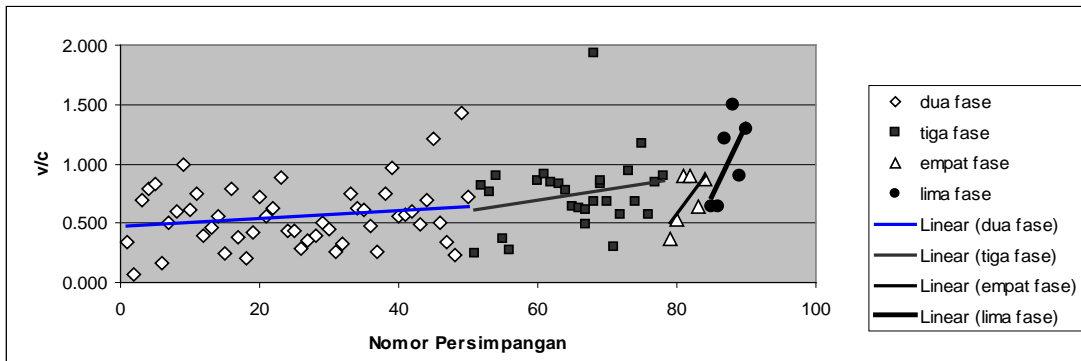


Gambar 7 Rasio v/c Jalan Minor pada Persimpangan di Bandung Selama Jam Tidak Sibuk

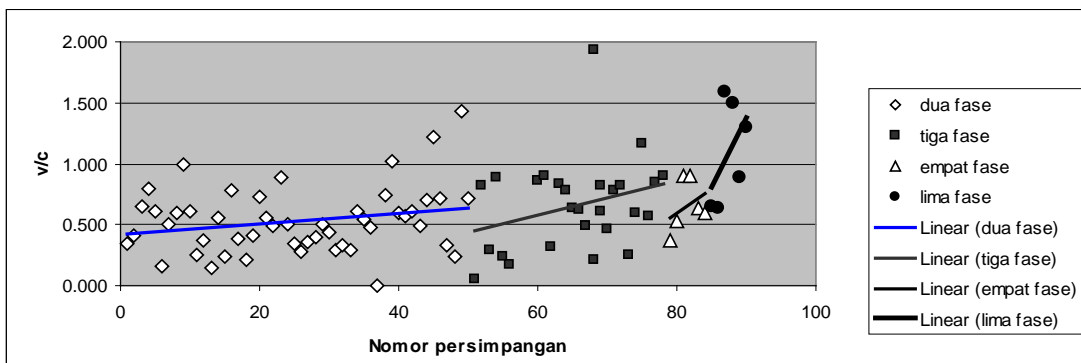
REKOMENDASI UNTUK MENINGKATKAN KINERJA LALU LINTAS

Meningkatnya jumlah fase dan pergerakan pada persimpangan akan menurunkan *throughput* dan meningkatkan kemacetan lalulintas di persimpangan tersebut. Berdasarkan kedua kondisi ini, maka direkomendasikan untuk membatasi jumlah pergerakan pada persimpangan. Pembatasan jumlah pergerakan akan juga mengurangi jumlah fase pada persimpangan. Pergerakan dari jalan dengan hirarki yang lebih rendah ke jalan yang hirarkinya lebih tinggi tidak diijinkan, tetapi pergerakan dari jalan yang hirarkinya lebih

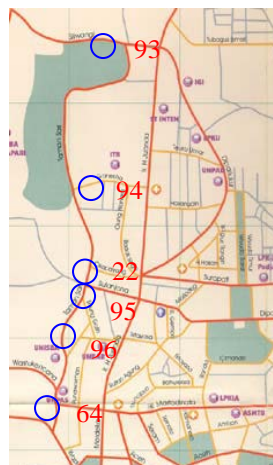
tinggi ke jalan yang lebih rendah hirarkinya diperbolehkan. Jalan H. Juanda di Bandung, dengan 6 persimpangan sepanjang jalannya, diambil sebagai contoh kasus. Peta lokasi Jalan H. Juanda dapat dilihat pada Gambar 10. Direkomendasikan bahwa jumlah fase dan pergerakan pada persimpangan 95, Jalan H. Juanda–Sulanjana (Nomoar 95) dibatasi, yaitu pergerakan dari Jalan Sulanjana (jalan lokal) menuju Jalan H. Juanda (jalan kolektor) dilarang, tetapi pergerakan dari Jalan H. Juanda ke jalan Sulanjana diizinkan.



Gambar 8 Rasio v/c Jalan Utama pada Persimpangan di Bandung Selama Jam Sibuk Sore



Gambar 9 Rasio v/c Jalan Minor pada Persimpangan di Bandung Selama Jam Sibuk Sore



Gambar 10 Jalan H. Juanda dengan Enam Persimpangan Bersinyal di Bandung

Persimpangan Jalan H. Juanda–Sulanjana dipilih karena alasan-alasan berikut:

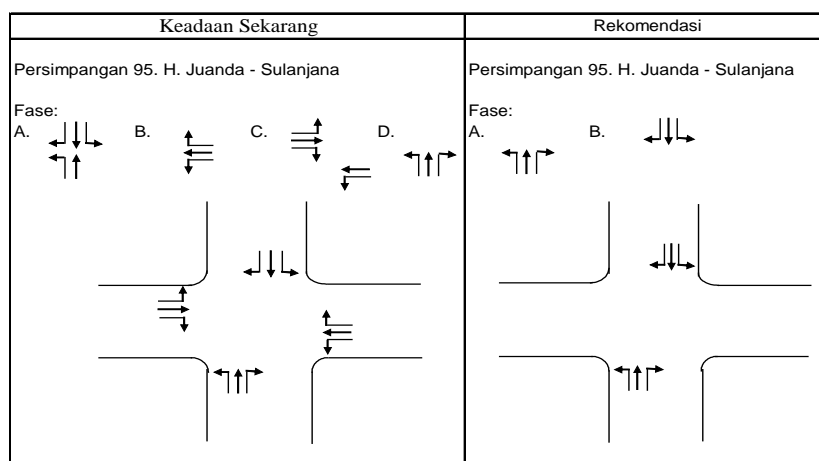
- persimpangan terdapat di tengah panjang Jalan H. Juanda;
- persimpangan memiliki banyak pergerakan (12 pergerakan);
- persimpangan beberapa jalan masuk menuju Jalan H. Juanda;
- persimpangan ini merupakan persimpangan antara jalan lokal (Jalan Sulanjana) dan jalan kolektor (Jalan H. Juanda); dan
- persimpangan antara dua jalan dengan hirarki yang berbeda cenderung menimbulkan kemacetan.

Tabel 1 Jumlah Fase dan Pergerakan pada Persimpangan-Persimpangan di Jalan H. Juanda

PERSIMPANGAN			jumlah fase	jumlah pergerakan	hirarki jalan
Jml.	Nomor	Nama			
1	93	Dipati Ukur - Siliwangi	3	12	jalan kolektor - jalan kolektor
2	94	H. Juanda - Ganeca	3	6	jalan kolektor - jalan lokal
3	22	H. Juanda - Dipati Ukur	3	15	jalan kolektor - jalan arteri
4	95	H. Juanda - Sulanjana	4	12	jalan kolektor - jalan lokal
5	96	Ranggagading - Tirtayasa	2	8	jalan kolektor - jalan lokal
6	64	Merdeka - RE. Martadinata	3	8	jalan kolektor - jalan kolektor

Persimpangan antara Jalan H. Juanda–Dipati Ukur (Nomor 22) tidak direkomendasikan karena persimpangan ini adalah persimpangan antara jalan kolektor (Jalan H. Juanda) dengan jalan arteri yang hirarkinya lebih tinggi.

Keadaan sekarang dan rekomendasi perubahan jumlah fase dan pergerakan untuk persimpangan H. Juanda–Sulanjana disajikan pada Gambar 11. Pembatasan jumlah fase dan pergerakan akan meningkatkan *throughput* dan mengurangi antrian di persimpangan tersebut. Pembatasan ini juga akan mengurangi kemacetan lalu lintas di Jalan H. Juanda (jalan kolektor), sebagai jalan yang hirarkinya lebih tinggi, karena tidak ada arus lalu lintas masuk dari Jalan Sulanjana (jalan lokal).



Gambar 11 Keadaan Sekarang dan Rekomendasi Jumlah Fase dan Pergerakan pada Persimpangan 95

Dengan menggunakan model simulasi lalu lintas mikro Bandung yang telah divalidasi, perbedaan (dalam %) ukuran kinerja lalu lintas di persimpangan H. Juanda – Sulanjana (Nomor 95), antara mengoperasikan model dengan dan tanpa pembatasan jumlah fase dan pergerakan, disajikan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4. Ukuran kinerja lalu lintas yang digunakan adalah *throughput* dan antrian di persimpangan, dan kepadatan, kecepatan, waktu tempuh, waktu tundaan, waktu berhenti, dan angka henti (number of stops) pada koridor yang terkait.

Hasil-hasil pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 4 menunjukkan bahwa membatasi atau mengurangi jumlah fase dan pergerakan pada persimpangan mempengaruhi kinerja SCATS. Pengaruhnya terhadap kinerja lalu lintas adalah sebagai berikut.

- Throughput* ditemukan meningkat tajam, yaitu 78% (408 kend/jam). Lebih detail, pembatasan atau penurunan jumlah fase dan pergerakan ini mempunyai dampak yang signifikan terhadap peningkatan *throughput*, terutama selama jam sibuk pagi (128%) dan sore (134%).
- Antrian rata-rata dan antrian maksimum menurun tajam, yaitu antara 55% dan 67% (57- 58 kend/jam).
- Pada koridor H. Juanda untuk pergerakan dari selatan ke utara, pada umumnya kinerja lalu lintas membaik.
- Pada koridor H. Juanda untuk pergerakan dari utara ke selatan pengaruh penurunan jumlah fase dan pergerakan tidak signifikan. Kepadatan menurun 1,75%, kecepatan menurun 2,54% (1,08 km/jam), waktu tempuh bertambah 6,94% (1 detik), waktu tundaan bertambah 18,46% (1 detik), waktu berhenti bertambah 24,61% (2 detik), dan angka henti meningkat 34,39%.

Tabel 2 Perbedaan *Throughput* dan Perbedaan Antrian pada Persimpangan Dengan dan Tanpa Pembatasan Fase dan Pergerakan

PERSIMPANGAN			v/c		Perbedaan <i>Throughput</i> (%)				Perbedaan Antrian (ql) (%)							
Jml.	Nomor	Nama	major road	minor road	jam sibuk pagi	jam tidak sibuk	jam sibuk sore	rata-rata	jam sibuk pagi		jam tidak sibuk		jam sibuk sore		rata-rata	
									mean ql	max ql	mean ql	max ql	mean ql	max ql	mean ql	max ql
1	95	H. Juanda - Sulanjana	1.369	1.369	128.45	-27.41	133.71	78.25	-60.93	-52.7	-60.93	-49.63	-78.27	-61.81	-66.71	-54.71

Tabel 3 Perbedaan Kepadatan, Perbedaan Kecepatan, dan Perbedaan Waktu Tempuh pada Koridor Terkait Dengan dan Tanpa Pembatasan Fase dan Pergerakan

Persimpangan 95. H. Juanda - Sulanjana		Perbedaan Kepadatan (%)				Perbedaan Kecepatan (%)				Perbedaan Waktu Tempuh (%)			
Jml.	Koridor	jam sibuk pagi	jam tidak sibuk	jam sibuk sore	rata-rata	jam sibuk pagi	jam tidak sibuk	jam sibuk sore	rata-rata	jam sibuk pagi	jam tidak sibuk	jam sibuk sore	rata-rata
1	H. Juanda North to South	-33.69	27.69	0.48	-1.75	3.12	-12.00	1.25	-2.54	-33.95	25.82	28.94	6.94
2	H. Juanda South to North	-10.44	-24.04	-41.47	-25.32	3.58	-7.68	5.06	3.21	4.04	-12.12	-19.80	-9.29

Tabel 4 Perbedaan Waktu Tunda, Perbedaan Waktu Berhenti, dan Perbedaan Jumlah Berhenti pada Koridor Terkait Dengan dan Tanpa Pembatasan Fase dan Pergerakan

Persimpangan 95. H. Juanda - Sulanjana		Perbedaan Waktu Tundaan (%)				Perbedaan Waktu Berhenti (%)				Perbedaan Jumlah Berhenti (%)			
Jml.	Koridor	jam sibuk pagi	jam tidak sibuk	jam sibuk sore	rata-rata	jam sibuk pagi	jam tidak sibuk	jam sibuk sore	rata-rata	jam sibuk pagi	jam tidak sibuk	jam sibuk sore	rata-rata
1	H. Juanda North to South	-46.37	53.70	48.04	18.46	-49.78	67.41	56.20	24.61	-2.60	55.49	50.29	34.39
2	H. Juanda South to North	6.91	-23.38	-29.14	-15.20	11.65	-25.64	-32.35	-15.45	84.17	-18.75	-11.76	17.88

KESIMPULAN

Studi ini mengevaluasi kinerja sistem pengendali lalu lintas kawasan pada persimpangan dengan banyak fase dan pergerakan. AIMSUN *microsimulator* digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi kinerja sistem ini. Hasil-hasil evaluasi yang dihasilkan menunjukkan bahwa penerapan sistem ini di persimpangan dengan banyak fase dan pergerakan tidak efektif. Hasil-hasil lain menunjukkan bahwa pembatasan jumlah fase dan pergerakan pada persimpangan yang diteliti meningkatkan *throughput* dan menurunkan antrian secara signifikan, sedangkan pengaruhnya terhadap koridor terkait tidak signifikan. Oleh karena itu, pembatasan jumlah fase dan pergerakan pada persimpangan sangat direkomendasikan untuk meningkatkan kinerja sistem pengendalian lalu lintas kawasan seperti SCATS. Walaupun demikian, pemilihan persimpangan yang direkomendasikan untuk dikurangi jumlah fase dan pergerakannya harus benar-benar diperhatikan. Hasil studi ini tidak hanya bermanfaat bagi kota Bandung, tetapi juga dapat bermanfaat bagi kota-kota besar lain, di Indonesia dan di negara berkembang lain yang memiliki kondisi-kondisi lalu lintas setempat yang serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- AWA Plessey.1996. *Bandung Area Traffic Control, Final System Design*. Directorate General of Land Transport, Ministry of Communications, Government of Republic of Indonesia.
- Giannakodakis, G. 1995. The Strategic Application of Intelligent Transport Systems ITS. *Technical Note, Road and Transport Research*, Volume 4, no. 4, pp. 56-63.
- ITS Australia. 2005. *Intelligent Transportation System Australia*, [online] available from <http://www.its-australia.com.au/>
- Luk, JYK. 1992. *Queue Management and Monitoring in Urban Traffic Control Systems*. Working Document no. WD TE 92/002, Australian Road Research Boards.
- Mason, Robert L., Gunst, Richard F., Hess, James L. 2003. *Statistical Design and Analysis of Experiments with Applications of Engineering and Science*, 2nd edition. New Jersey: John Willey and Sons Hoboken.
- Montgomery, Douglas C., Runger, George C. 2003. *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 3rd edition. John Wiley and Sons, Inc.
- Morichi, Shigeru. 2005. *Long-term Strategy for Transport System in Asian Megacities*. The 6th Eastern Asia Society for Transportation Studies International Conference in Bangkok, Thailand, September 2005, journals pp. 1–21, K-WING 6F, 2-1. Kojimachi 5 chome. Chiyoda-ku, Tokyo, 102-0083, Japan.
- Ott, R. Lyman, Longnecker, Michael. 2001. *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*. 5th edition, Duxbury 511 Forest Lodge Road Pacific Grove, CA 93950, USA.
- PATH, ITS. 2005. The Intelligent Transportation Systems Decision Support System Web site [online] available from <http://www.path.berkeley.edu/> Signal Control System.
- Sinha, Kumares C. 2000. *Can Technologies Cure Transportation Ills?* Sixth International Conference on Application of Advance Technology in Transportation Engineering Singapore.

- Sutandi., A. Caroline, Dia, Hussein. 2005a. *Performance Evaluation of An Advance Traffic Control Systems in A Developing Country*. The 6th Eastern Asia Society for Transportation Studies International Conference in Bangkok, Thailand, September 2005, proceedings pp. 1572–1584, 345, K-WING 6F, 2-1, Kojimachi 5 chome, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-0083, Japan.
- Sutandi., A. Caroline, Dia, Hussein, December. 2005b. *Evaluation of the Impacts of Traffic Signal Control Parameters on Network Performance*. The 27th Conference of the Australian Institutes of Transport Research, proceedings, December 2005, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.
- TSS. 2004a. *Transport Simulation Systems*. Available from <http://www.tss-bcn.com>.
- TSS (2004b). *GETRAM Manual*. Open Traffic Simulation Environment, February 2004, available from <http://www.aimsun.com/v4.2/Manual.zip>.
- U.S. Department of Transportation. 2005. Benefit of Integrated Technologies and The National ITS Architecture [online] available from http://www.its.dot.gov/its_overview.

