OPTIMASI SIMPANG BERSINYAL JALAN MERDEKA KOTA LHOKSEUMAWE

Mulizar
Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Abstrak

Optimasi simpang bersinyal dimaksudkan untuk mengoptimalkan kinerja suatu jaringan jalan khususnya pada persimpangan bersinyal. Salah satu bentuk optimasi adalah melakukan sinkronisasi simpang bersinyal sehingga diperoleh suatu sistem koordinasi antar simpang bersinyal. Sistem ini bertujuan untuk mengurangi waktu tunda dan waktu berhenti kendaraan. Setelah melakukan antrian waktu merah pada salah satu persimpangan, kendaraan diharapkan akan memperoleh waktu hijau pada persimpangan berikutnya. Sistem demikian belum diterapkan di Jalan Merdeka Kota Lhokseumawe. Sebagai jalan utama pada pada lintasan tersebut ada tiga persimpangan bersinyal yaitu, Simpang BI (simpang I), Simpang Empat (simpang II) dan Simpang BPD (simpang III). Akibat belum adanya koordinasi antar ketiga persimpangan tersebut, sering kendaraan yang baru lolos dari simpang I harus berhenti dan menunggu fase hijau lagi pada simpang II dan sebaliknya. Hal yang sama juga terjadi antara simpang II dan simpang III sehingga antrian, waktu tundaan dan waktu berhenti yang panjang terutama pada jam puncak tidak dapat dihindari. Berdasarkan kondisi tersebut maka dilakukan studi untuk memperbaiki kinerja simpang tersebut dengan cara melakukan optimasi lampu lalulintas persimpangan. Ada dua metode yang digunakan pada optimasi ini, yaitu Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) untuk pengolahan data lalulintas, sementara untuk optimasi menggunakan bantuan perangkat lunak *Transyt 14* berpedoman pada metode yang dikembangkan oleh TRRL (*Transport and Road Research Laboratory*) Inggris. *Transyt 14* digunakan untuk mengevaluasi kinerja persimpangan pada kondisi eksisting dan sebagai alat bantu proses optimasi untuk koordinasi persimpangan dengan panjang antrian, waktu tunda, jumlah henti sebagai parameter utama. Hasil optimasi dibandingkan kondisi eksisting diperoleh waktu siklus 81 detik, antrian berkurang 14,15%, waktu tunda berkurang 44,60%, jumlah henti turun 36,23% dan tingkat pelayanan dapat ditingkatkan dari D menjadi C.

Kata kunci: *Optimasi, Simpang Bersinyal, Transyt 14*

1. Pendahuluan

Tujuan utama optimasi persimpangan adalah untuk mengoptimalkan kinerja persimpangan. Khusus pada jaringan yang mempunyai beberapa persimpangan bersinyal, salah satu hasil optimasi adalah terkoordinasinya antar persimpangan tersebut. Koordinasi diharapkan dapat mengurangi terjadinya antrian dan tundaan pada suatu simpang sehingga akan dapat meningkatkan kecepatan kendaraan yang menggunakan lintasan dimaksud. Khusus untuk optimasi persimpangan bersinyal perlu diperhatikan jumlah dan jarak persimpangan bersinyal lain yang ada pada suatu ruas jalan. Pengaturan waktu siklus lampu lalulintas pada simpang bersinyal yang pertama akan berpengaruh terhadap antrian dan tundaan yang terjadi pada persimpangan berikutnya. Untuk itu perlu dilakukan koordinasi lampu lalulintas antar persimpangan sehingga sebahagian besar kendaraan akan dapat melewati beberapa persimpangan tanpa harus berhenti.

Koordinasi antar persimpangan bersinyal seperti tersebut di atas belum dijumpai pada pengaturan simpang bersinyal yang ada di Jalan Merdeka Kota Lhokseumawe Provinsi Aceh. Pada ruas jalan tersebut ada tiga persimpangan bersinyal, yaitu Simpang BI (simpang I), Simpang Empat (simpang II) dan Simpang BPD (simpang III). Jarak antara Simpang BI dan Simpang Empat sekitar 300 meter, sementara jarak antara Simpang Empat dan Simpang BPD adalah 400 m. Kondisi pada saat ini ketiga persimpangan itu belum dikoordinasikan, akibat yang ditimbulkan adalah sering kendaraan yang baru lolos dari simpang I harus berhenti dan menunggu fase hijau lagi pada simpang II dan sebaliknya. Hal yang sama juga terjadi antara simpang II dan simpang III sehingga antrian, waktu tundaan dan waktu berhenti yang panjang terutama pada jam puncak tidak dapat dihindari. Berdasarkan kondisi tersebut maka diperlukan studi untuk memperbaiki kinerja simpang tersebut dengan cara melakukan koordinasi lampu lalulintas antar persimpangan. Rumusan masalah dari latar belakang penelitian di atas adalah:

1. bagaimanakah kinerja persimpangan pada kondisi eksisting?
2. apakah panjang antrian, waktu tunda dan jumlah berhenti di persimpangan yang terjadi di Jalan Merdeka dapat direduksi?
3. apakah kinerja persimpangan tersebut dapat ditingkatkan setelah dilakukan koordinasi sinyal antar simpang?

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kinerja simpang sebelum optimasi (kondisi eksisting);
2. melakukan optimasi simpang bersinyal dan menganalisis kinerjanya setelah dilakukan optimasi;
3. Mengetahui panjang antrian, waktu tunda dan jumlah berhenti sebelum dan sesudah dilakukan optimasi;

Manfaat penelitian ini adalah:

1. terkoordinasinya persimpangan bersinyal di Jalan Merdeka Lhokseumawe dan diperoleh waktu siklus dan fase dari setiap simpang hasil optimasi;
2. adanya koordinasi antar simpang bersinyal diharapkan dapat mengurangi panjang antrian, waktu tundaan, jumlah berhenti dan konsumsi bahan bakar kendaraan serta dapat meningkatkan kecepatan perjalanan;
3. sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi instansi terkait dalam hal pengelolaan manajemen lalulintas di Kota Lhokseumawe.

Lokasi penelitian berada pada ruas Jalan Merdeka Kota Lhokseumawe. Ruas ini merupakan jalan utama di Kota Lhokseumawe yang terdiri dari 2 jalur setiap jalur terdiri atas 3 lajur. Penelitian yang dilakukan meliputi kajian kondisi persimpangan sebelum dikoordinasi (eksisting), pemilihan sistem koordinasi terbaik dari beberapa alternatif berdasarkan pertimbangan biaya dan kecepatan perjalanan, serta analisa kinerja persimpangan setelah dilakukan koordinasi.

Metode yang digunakan pada penelitian ini ada dua yaitu: Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) untuk perhitungan arus lalulintas pada persimpangan. Untuk koordinasi antar simpang digunakan Metode yang dikembangkan oleh TRRL (*Transport and Road Research Laboratory*) Inggris dengan bantuan perangkat lunak *Transyt 14* di bawah lisensi TRRL. Perangkat ini

digunakan untuk melakukan optimasi dan melakukan evaluasi kinerja persimpangan.

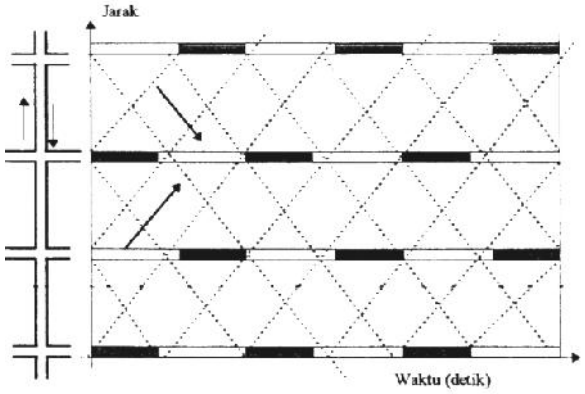
2. Tinjauan Kepustakaan

2.1 Persimpangan Terkoordinasi

Hasil penelitian anonim (2005) di Amerika Serikat menunjukkan bahwa setelah dilakukan optimasi dengan mengkoordinasi simpang bersinyal terjadi peningkatan kecepatan jalan 10% sampai 30%. Menurut hasil penelitian Suteja dan Cahyani (2002), koordinasi sinyal antar simpang di Kota Mataram dapat mengurangi waktu tundaan sebesar 35,7% dibandingkan sebelum dikoordinasi. Berdasarkan jarak antar simpang, Mc Shane (1998) menyatakan jarak antar persimpangan yang paling efektif untuk dikoordinasikan adalah 1000 feet. *Transyt 14* memberikan batasan jarak efektif antar simpang untuk koordinasi adalah 500 m. Koordinasi antar simpang sangat dipengaruhi oleh *offset.* Papacostas (2005), mendefinisikan *offset* sebagai perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal hijau pada simpang setelahnya.

2.2 Koordinasi sinyal dua arah

Secara umum *Offset* untuk kedua arah diperoleh dari setengah waktu siklus. Koordinasi sinyal dua arah diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Koordinasi sinyal jalan dua arah
Sumber: Hobbs,1995

Kenyataan di lapangan jarang dijumpai jarak antar persimpangan yang seragam, akibatnya koordinasi dua arah menjadi lebih sulit dilakukan. Beberapa faktor penyebab koordinasi dua arah lebih sulit menurut Sebayang (1999) adalah:

1. jarak antar persimpangan tidak seragam;
2. arus lalulintas tidak sama pada kedua arah;
3. kecepatan arus lalulintas mungkin berbeda pada kedua arah;
4. lama waktu hijau untuk keseluruhan lampu yang dikoordinasi tidak sama;
5. adanya dispersi pleton.

Ada dua metode koordinasi sinyal dua arah yang umum digunakan yaitu metode maksimasi *green bandwidth* dan metode minimasi perbedaan *offset* aktual dengan *offset* ideal.

2.3 Maksimasi *Green Bandwidth*

Penentuan *offset* pada metode ini dilakukan untuk memperoleh jalur hijau (*green bandwidth)* untuk arah *inbound* dan arah *outbound*. Beberapa asumsi yang diambil pada metode ini (Baass, 1983) adalah:

1. kendaraan bergerak dalam pleton yang seragam;
2. tidak ada dispersi pleton;
3. arus lalulintas yang rendah (*under saturated*);
4. tidak ada atau sedikit kendaraan yang memasuki jalan arteri dari samping.

Konsep ini sangat populer di kalangan praktisi rekayasa lalulintas karena *green bandwidth* mudah dilihat secara visual dan hasil yang memuaskan dapat diperoleh secara manual dengan cara coba-coba (Mc Shane, 1998). Perhitungan *offset* untuk koordinasi sinyal metode ini dapat dilakukan secara manual dan dengan bantuan program komputer. Perhitungan yang dilakukan dimaksudkan untuk mendapatkan *bandwidth* yang paling besar.

2.4 Minimasi Perbedaan *Offset* Aktual dengan *Offset* Ideal

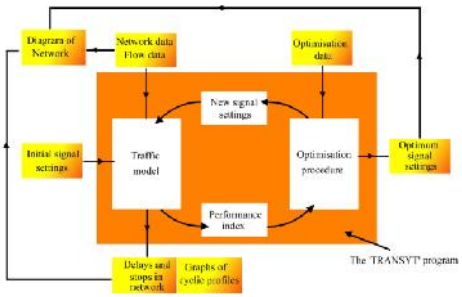
Metode ini adalah mencari *offset* aktual dimana *offset* aktual yang dipilih adalah yang mempunyai selisih paling minimal dengan *offset* ideal. Tujuannya adalah memperoleh mendapatkan jalur hijau yang maksimum pada kedua arah. Asumsi dasar yang diambil sama seperti metode maksimasi *green bandwidth*. Perbedaannya adalah metode perhitungannya dan pada metode ini arus lalulintas turut diperhitungkan.

2.5 *Transyt 14*

Transyt 14 (*Traffic Network Study Tool*) adalah program komputer sebagai alat bantu untuk mengkoordinasi simpang bersinyal waktu tetap (*pre-time signal control). Transyt 14* menggunakan metode *green bandwidth* sebagai konsep dasar untuk koordinasi simpang bersinyal. Program ini dikeluarkan oleh *Transport and Road Reseacrh Laboratory* Inggris. Program *Transyt 14* mempunyai dua elemen utama yaitu:

1. Model lalulintas

Model lalulintas menggambarkan pola pergerakan atau tingkah laku lalulintas pada jaringan jalan yang mempunyai satu persimpangan bersinyal atau lebih. Model ini memprediksikan *performance index* (PI) untuk perencanaan waktu tetap. PI merupakan ukuran total harga kemacetan lalulintas yang merupakan kombinasi waktu total tundaan (*delay*) dan jumlah berhenti (*stop*) kendaraan.



Gambar 2. Struktur program *Transyt 14*
Sumber: Binning et.al, 2011

2. Optimasi sinyal lampu lalulintas
   Optimasi merupakan proses penyesuaian waktu sinyal, evaluasi dan penggunaan model. Penyesuaian itu dapat mengurangi atau meningkatkan nilai PI. Hasil penyesuaian yang digunakan adalah yang menghasilkan nilai PI terkecil walaupun fase hijau yang diperoleh adalah minimum. Struktur program *Transyt 14* diperlihatkan pada Gambar 2.

Optimasi *Transyt 14*

Optimasi pada *Transyt 14* bertujuan untuk menurunkan tundaan dan jumlah stop yang terjadi. Optimasi yang dilakukan *Transyt 14* adalah *signal offset* dan waktu hijau di setiap persimpangan.

1. *Signal Offset*
   Koordinasi pada *Transyt 14* dilakukan dengan cara menghubungkan semua *stage change time* ke waktu nol. *Stage change time* pada persimpangan adalah waktu dimana perioda hijau pada satu fase pertama dimulai. *Signal offset* dihitung dengan melakukan optimasi dari *offset* dan waktu fase dengan proses *hill climbing* untuk mencapai PI minimal.
2. Optimasi lampu hijau
   Selama optimasi *offset* dijalankan semua waktu perubahan fase di node bergeser beraturan. Hasilnya waktu hijau yang telah ditetapkan untuk setiap fase akan berubah. *Transyt 14* mengoptimasi waktu hijau berbagai fase untuk mengurangi tundaan dan jumlah henti.

2.6 Arus Lalulintas Persimpangan Menurut MKJI 1997

Pada persimpangan, arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok dan lurus) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp). Nilai emp untuk setiap jenis kendaraan dan untuk masing-masing pendekat diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai Ekivalen Mobil Penumpang (emp)

Jenis Kendaraan	Terlindung	Terlawan
Kendaraan ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda motor (MC)	0,2	0,4

Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997

3 Metode Penelitian

Tahapan utama dari penelitian ini adalah pengumpulan dan pengolahan data dengan bantuan program *Transyt 14*. Hasilnya dianalisis lebih lanjut sehingga diperoleh suatu sistem koordinasi antar simpang bersinyal yang efektif dan efisien. Lokasi Penelitian adalah Jalan Merdeka adalah jalan utama di Kota Lhokseumawe. Jalan ini merupakan akses utama untuk menuju pusat kota, kawasan perbankan, perdagangan, rumah sakit, dan pusat pemerintahan Kota Lhokseumawe.

Data yang diperlukan untuk menunjang penelitian ini ada dua jenis yaitu: data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh hasil

pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan. Data ini meliputi: (1) geometrik persimpangan, (2) lalulintas, (3) kecepatan rata-rata dan (4) *setting* lampu lalulintas. Data sekunder yang dibutuhkan adalah peta lokasi persimpangan dan informasi jam puncak lalulintas. Peta Lokasi diperoleh dari situs google map, sementara waktu jam puncak diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rusli (2011).

Setelah semua data diperoleh selanjutnya dilakukan persiapan dan pengolahan data untuk masukan program *Transyt 14.* Data itu dibedakan atas data siap pakai dan data yang harus diolah terlebih dahulu. Data yang siap pakai adalah data yang dapat dimasukkan ke dalam program tanpa harus dilakukan pengolahan/perhitungan terlebih dahulu, yaitu data geometrik dan *setting* lampu lalulintas. Data yang harus diolah terlebih dahulu, yaitu volume lalu lintas dan distribusinya serta kecepatan rata-rata kendaraan. Volume dan distribusi lalulintas hasil pengamatan diolah sehingga diperoleh jumlahnya dalam satuan mobil penumpang per jam (smp/jam) berpedoman kepada MKJI 1997.

Setelah pemodelan jaringan selesai dilanjutkan dengan tahap evaluasi kondisi eksisting. Pada tahap ini program *Transyt 14* dijalankan dengan pilihan "*optimisation = none*" artinya *Transyt 14* hanya menghitung parameter kinerja persimpangan saja dan tidak melakukan optimasi *setting* lampu.

Tahap kedua program *Transyt 14* dijalankan dengan pilihan "*optimisation = offset only*," artinya optimasi hanya dilakukan untuk penentuan *offset* untuk koordinasi simpang saja tanpa merubah waktu siklus dan waktu sinyal setiap fase pada semua persimpangan.

Proses optimasi tahap ketiga dijalankan dengan pilihan "*optimisation = offset and signal setting*," artinya selain menentukan *offset* dan koordinasi program juga melakukan optimasi terhadap waktu siklus dan periode setiap fase semua persimpangan yang ditinjau. Waktu siklus baru yang diinput adalah waktu efektif berdasarkan hasil iterasi *Transyt 14.*

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Geometrik persimpangan

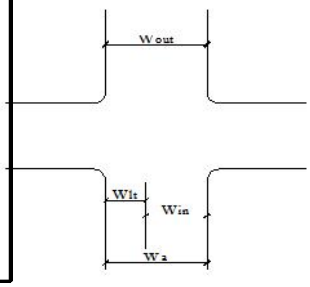
Jalan Merdeka terdiri atas dua jalur yaitu, jalur *inbound* yang menuju pusat kota diberi nama Jalan Merdeka Barat dan jalur *outbound* yang keluar dari pusat kota dinamakan Jalan Merdeka Timur. Diantara kedua jalur tersebut dibatasi oleh median jalan selebar 1 meter. Masing-masing jalur terdiri atas tiga lajur yang lebarnya 3 meter per lajur. Pada bahagian tepi kiri disediakan tempat parkir selebar 2 meter. Kondisi dan geometrik setiap persimpangan diperlihatkan pada Tabel 2.

Jarak antar persimpangan adalah sebagai berikut: Simpang BI ke Simpang Empat jaraknya 300 meter dan jarak Simpang Empat ke Simpang BPD adalah 400 meter.

Tabel 2 Kondisi Geometrik Persimpangan

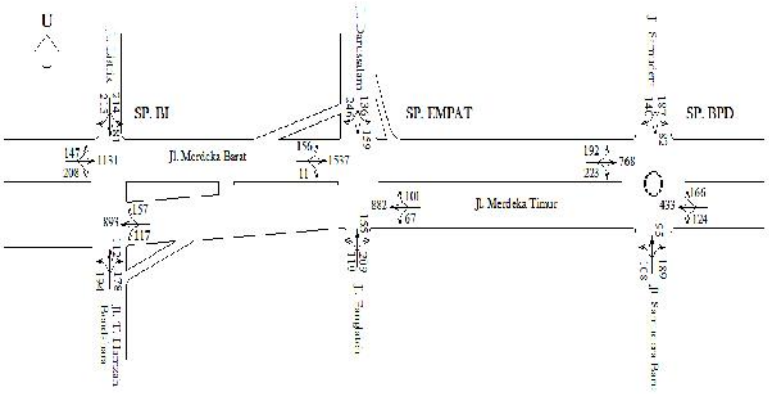
Nama Simpang	Lengan Simpang	Lebar Pendekat (m)			
		W_a	W_{in}	W_{lt}	W_{out}
BI	Jl. Merdeka Barat	9	9	-	9
	Jl. Listrik	8	4	-	8
	Jl. Merdeka Timur	9	9	3,5	9
	Jl. T. Hamzah	6	6	-	6
Empat	Jl. Merdeka Barat	9	9	3,7	9
	Jl. Darussalam	6	6	3,5	6
	Jl. Merdeka Timur	9	9	-	9
	Jl. Panglateh	4	4	-	6
BPD	Jl. Merdeka Barat	9	6	-	9
	Jl. Samudera	6	6	-	6
	Jl. Merdeka Timur	9	6	-	9
	Jl. Samudera Baru	6	6	-	6

Keterangan:



4.2 Volume dan distribusi lalulintas

Lalulintas yang melewati persimpangan bersinyal di Jalan Merdeka bervariasi, yaitu sepeda motor, mobil pribadi, mikro bus, bus, truk dan becak mesin. Volume lalulintas simpang dalam satuan mobil penumpang (smp) diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Volume dan distribusi lalulintas Jalan Merdeka

4.3 *Setting* lampu lalulintas

S*etting time* atau pengaturan siklus lampu pada setiap persimpangan bervariasi. Alokasi waktu untuk setiap perioda hijau, merah dan kuning pada setiap lengan persimpangan diperlihatkan pada Tabel 3.

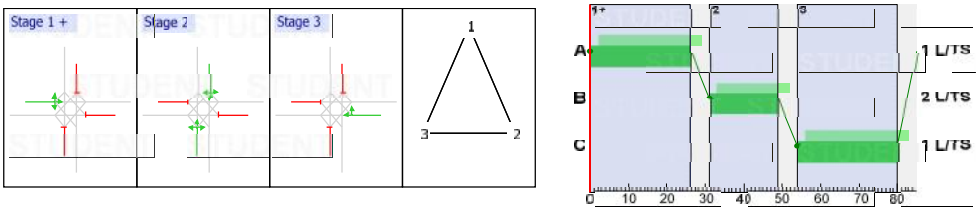
Tabel 3 menunjukkan bahwa panjang waktu siklus pada Simpang Empat berbeda dengan waktu siklus Simpang BI dan Simpang BPD. Hal ini mengindikasikan bahwa belum dilakukan optimasi untuk mengkoordinasikan ketiga persimpangan tersebut.

Tabel 3 Waktu Siklus dan Perioda Persimpangan

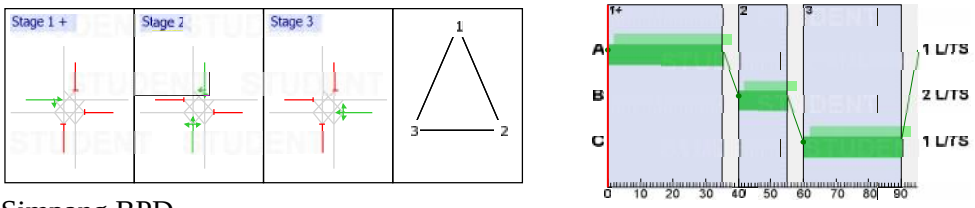
Simpang	Waktu Siklus (det)	Lengan Simpang	Perioda (detik)		
			Hijau	Merah	Kuning
BI	85	Jl. Merdeka Barat	26	54	5
		Jl. Listrik	18	62	5
		Jl. Merdeka	26	54	5
		Jl. T. Hamzah B	18	62	5
Empat	95	Jl. Merdeka Barat	35	55	5
		Jl. Darussalam	15	75	5
		Jl. Merdeka	30	60	5
		Jl. Panglateh	15	75	5
BPD	85	Jl. Merdeka Barat	28	52	5
		Jl. Samudera	15	65	5
		Jl. Merdeka	27	53	5
		Jl. Samudera Baru	15	65	5

Bentuk fase, waktu nyala dan durasi sinyal hijau setiap persimpangan pada kondisi eksisting diperlihatkan pada Gambar 4.

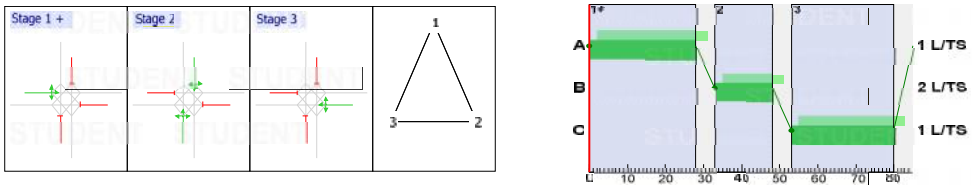
1. Simpang BI



2. Simpang Empat



3. Simpang BPD



Gambar 4 Bentuk Fase dan Waktu Nyala Hijau Eksisting Simpang Bersinyal Jalan Merdeka

4.4 Kecepatan lalulintas

Pengamatan kecepatan dilakukan pada arah *inbound* dan *outbound.* Berdasarkan data pengamatan dan perhitungan diperoleh kecepatan rata-rata 34,00 km/jam. Tingkat kecepatan ini masih di bawah kecepatan maksimum yang ditetapkan MKJI (1997) sebesar 40 km/jam untuk kecepatan maksimal lalulintas dalam kota.

4.5 Evaluasi kinerja simpang kondisi eksisting

Evaluasi yang dilakukan merupakan kondisi keseluruhan jaringan yang ditinjau untuk volume lalulintas rata-rata jam puncak. Hasil evaluasi untuk setiap parameter yang ditinjau diperlihatkan pada Tabel 4.

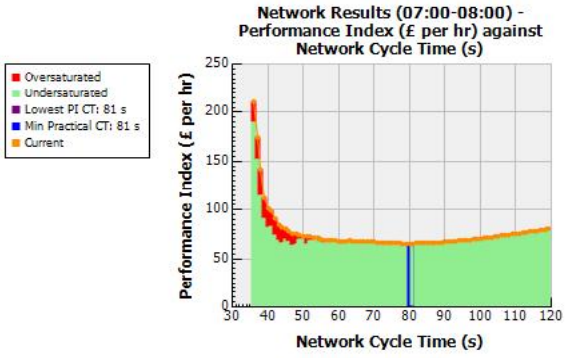
Tabel 4 Hasil Evaluasi Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Parameter	Satuan	Besaran
Antrian tertinggi	smp	37,82
Waktu tunda/*delay* rata-rata	detik	19,55
Perhentian/*stop* rata-rata	%	45,61
Tingkat pelayanan (LoS)	-	D

Tabel 4 memperlihatkan parameter kinerja ketiga persimpangan pada kondisi eksisting. Khusus untuk perhentian/stop sebesar 45,61% dimaksudkan sebagai persentase dari jumlah kendaraan yang melewati jaringan jalan yang mengalami perhentian.

4.6 Optimasi waktu siklus dan koordinasi

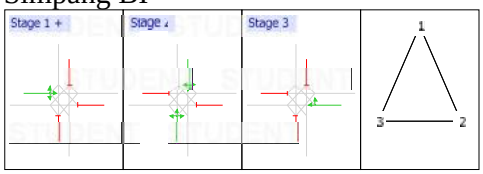
Evaluasi kondisi eksisting simpang bersinyal di Jalan Merdeka menunjukkan bahwa ketiga persimpangan tersebut belum dilakukan optimasi untuk mengoptimalkan kinerjanya. Untuk meningkatkan kinerja persimpangan tersebut maka dilakukan optimasi waktu siklus dan koordinasi antar simpang menggunakan program *Transyt 14*. Penentuan panjang waktu siklus yang efektif dilakukan dengan iterasi sehingga diperoleh parameter kinerja yang paling baik. Hasil iterasi waktu siklus diperlihatkan pada Gambar 4. Waktu siklus terbaik hasil iterasi adalah 81 detik yang menghasilkan PI terendah.

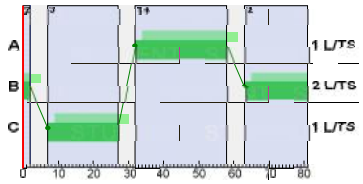


Gambar 4 Grafik Hasil Iterasi Waktu Siklus

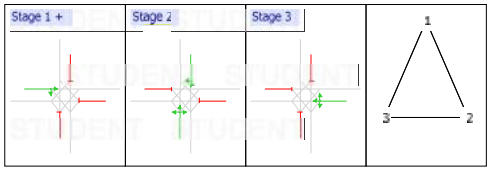
Akibat perubahan waktu siklus maka terjadi perubahan waktu nyala dan durasi hijau. Perubahan itu diperlihatkan pada Gambar 5.

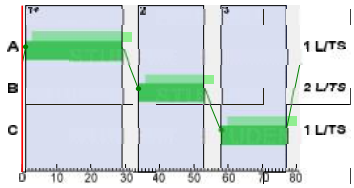
1. Simpang BI



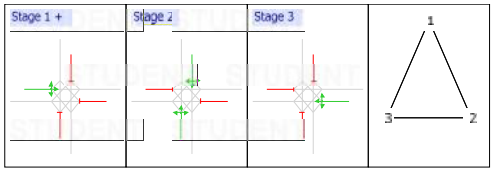


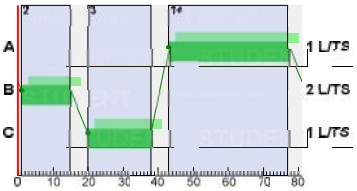
2. Simpang Empat





3. Simpang BPD





Gambar 5 Bentuk Fase dan Waktu Nyala Hijau Optimasi Simpang Bersinyal Jalan Merdeka

Tabel 5 memperlihatkan bahwa optimasi waktu siklus dan koordinasi menghasilkan kinerja persimpangan yang lebih baik dibandingkan kondisi eksisting. Semua parameter yang ditinjau mengalami perubahan ke arah positif. Antrian berkurang sebesar 14,15%, *delay* turun sebesar 44,60%, perhentian/*stop* juga turun sebesar 20,57%. Tingkat pelayanan mengalami peningkatan menjadi C. Selain manfaat tersebut keuntungan lain yang bersifat *intangible* adalah penurunan polusi udara, tingkat kebisingan berkurang dan terjaganya kestabilan mental pengemudi yang dapat menurunkan tingkat kecelakaan lalulintas. Hasil evaluasi optimasi waktu siklus dan *offset* diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Evaluasi Optimasi Persimpangan

Parameter	Satuan	Besaran	Perbandingan Kondisi Eksisting (%)
Antrian tertinggi	smp	32.47	-14.15
Waktu tunda/*delay*	detik	10.83	-44.60
Perhentian/*stop*	%	36.23	-20.57
Tingkat pelayanan (LoS)	-	C	D

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil optimasi maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja kondisi eksisting persimpangan Jalan Merdeka Kota Lhokseumawe berada pada tingkat layanan D, panjang antrian 37,82 smp, waktu tunda 19,55 detik dan perhentian 45,61%,.
2. Hasil optimasi menggunakan program *Transyt 14* diperoleh waktu siklus efektif 81 detik, ketiga persimpangan menjadi terkoordinasi yang berdampak pada panjang antrian berkurang 14,15%, waktu tunda turun 44,60% dan perhentian berkurang sebesar 20,57%.
3. Optimasi dapat meningkatkan kinerja jaringan persimpangan dari tingkat pelayanan D menjadi C.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat disarankan bahwa mengingat kecepatan jalan diukur pada kondisi persimpangan belum dioptimasi maka perlu dilakukan pengukuran ulang setelah optimasi.

Daftar Kepustakaan

Anonim 1997, ***Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)***, Direktorat Jendral Bina Marga Indonesia Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim 2005, ***Traffic Signal Coordination Planning Effort,*** **Traffic Engineering** Division Colarado Springs, Colarado.

Baass, K.G 1983, ***Another Look at Bandwith Maximation, Transportation Research 905***, Transportation Research Board National Academy of Science, Washington DC.

Binning, C.J. et.al 2011, ***Transyt 14 User Guide***, Transport Research Laboratory, Wokingham Berkshire United Kingdom.

Hobbs, F.D 1995, ***Perencanaan dan Teknik Lalulintas***, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Mc Shane, W.R and Roess, R.P 1998, ***Traffic Engineering***, 2nd Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Rusli 2011, ***Studi Tingkat Pelayanan Jalan Merdeka Barat Kota Lhokseumawe Setelah Dilakukan Pelebaran***, Tugas Akhir Program Diploma IV Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe.

Sebayang, N 1998, ***Pengembangan Analisis Performansi Koordinasi Sinyal Lalulintas pada Suatu Jalan Dua Arah***, Tesis Program Magister Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Suteja, I. W dan Cahyani, N.M.Y 2002, ***Aplikasi Program Transyt pada Simpang di Bawah Jenuh (Studi Kasus Simpang Airlangga dan Simpang Udayana Kotamadya Mataram)***, Jurnal Dimensi Teknik Sipil Vol. 4 No. 1 Maret 2002, Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Jakarta.