



PENERAPAN GRAF KOMPATIBEL PADA PENENTUAN WAKTU TUNGGU TOTAL OPTIMAL DI PERSIMPANGAN JALAN KALIGARANG KOTA SEMARANG

Ririn Dwi Hardianti ✉, Rochmad, Riza Arifudin

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 lantai 1 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Januari 2013
Disetujui Februari 2013
Dipublikasikan Mei 2013

Keywords:
graf kompatibel
lampu lalu lintas
Visual Basic 6.0
waktu tunggu

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui bentuk graf kompatibel dari hasil pemodelan arus lalu lintas di persimpangan jalan dan menghitung waktu tunggu total optimal di persimpangan jalan dengan menggunakan graf kompatibilitas serta mengetahui perhitungan hasil waktu tunggu total optimal berdasarkan graf kompatibilitas dengan pengaturan yang sudah diterapkan. Hasil penelitian ini diperoleh bentuk graf kompatibel dari hasil pemodelan arus lalu lintas di persimpangan jalan simpang empat jalan Kaligarang-Kelud Raya-Bendungan Kota Semarang, waktu tunggu total optimal di simpang empat jalan Kaligarang-Kelud Raya-Bendungan Kota Semarang hasil yang didapat di lapangan adalah 389 detik sedangkan dengan menggunakan graf kompatibel menghasilkan 120 detik. Perhitungan hasil waktu tunggu total optimal berdasarkan graf kompatibel lebih optimal (minimal) dibandingkan dengan pengaturan yang sudah diterapkan. Dalam perhitungan waktu tunggu total optimal ini yang dilihat hanya dari satu variabel yaitu waktu, karena tidak melibatkan variabel yang lainnya, seperti jumlah kendaraan dan lebar jalur.

Abstract

The purposes of this study were to determine the form of compatible graph from the flow of traffic model's result at the junction, to calculate the optimal total waiting time at the intersection using compatible graph, and to determine the result calculation of the optimal total of waiting time based on the compatible graph on the settings that have been applied. The results of this study were obtained in the form of the compatible graph from the flow of traffics model's result at Kaligarang-Kelud Raya-Bendungan crooroad in Semarang, and the optimal total of waiting time at Kaligarang-Kelud Raya-Bendungan four-junction which was obtained in the field λ_1 was 389 seconds, while using compatible graph was 120 seconds. The result λ_1 calculation of the optimal total of waiting time based on the compatible graph was more optimal (minimal) than based on the settings that have been applied. In the calculation of this optimal total of waiting time, the variable that was seen only the time, because it did not include another variables, such as the amount of vehicles and the width of the road.

Pendahuluan

Kemacetan lalu lintas di suatu kota atau tempat sekarang ini bukan merupakan hal yang asing lagi yang dapat terjadi di suatu ruas ataupun persimpangan jalan, kemacetan timbul karena adanya konflik pergerakan yang datang tiap arah kaki simpangnya. Untuk mengurangi konflik ini, banyak dilakukan pengendalian untuk mengoptimalkan persimpangan dengan menggunakan lampu lalu lintas.

Selama ini arus lalu lintas di sepanjang Jalan Kaligarang, Semarang terpantau padat dan agak tersendat. Penumpukan kendaraan tampak di perempatan Kaligarang, arah ke Jalan Pamularsih dan Jalan Kelud Raya. Sedangkan arah sebaliknya terpantau ramai lancar. Selain karena jalan yang memang sempit, tersendatnya arus lalu lintas di kawasan ini, memang sering terjadi pada jam-jam sibuk. Kepadatan mulai nampak dari SPBU Kaligarang hingga traffic light di perempatan Kaligarang. Akibatnya, banyak para pengendara yang memilih menggunakan jalan kampung yang relatif sepi.

Persimpangan merupakan tempat yang rawan kecelakaan dan kemacetan. Maka untuk menghindari atau mengurangi kepadatan lalu lintas, salah satu cara yang dipergunakan adalah dipasangnya lampu lalu lintas. Lalu lintas adalah suatu alat/kontrol dengan menggunakan lampu lalu lintas yang terpasang pada persimpangan dengan tujuan untuk mengatur arus lalu lintas. Pengaturan arus lalu lintas pada persimpangan pada dasarnya dimaksudkan untuk bagaimana pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu antar arus yang ada, ada berbagai jenis kendali dengan menggunakan lampu lalu lintas dimana pertimbangan ini sangat tergantung pada situasi dan kondisi persimpangan seperti volume, geometrik simpang dan sebagainya.

Dengan demikian perlu diupayakan alternatif penyelesaian untuk mengatasi permasalahan pengaturan lalu lintas di persimpangan jalan. Berdasarkan pengamatan ada beberapa ruas jalan pada persimpangan Kaligarang dengan arus lalu lintas lebih padat dibandingkan ruas jalan yang lain. Sehingga jika diterapkan pola pengaturan yang konstan, maka akan terjadi kemacetan pada jalur-jalur yang padat tersebut. Salah satu pemecahannya

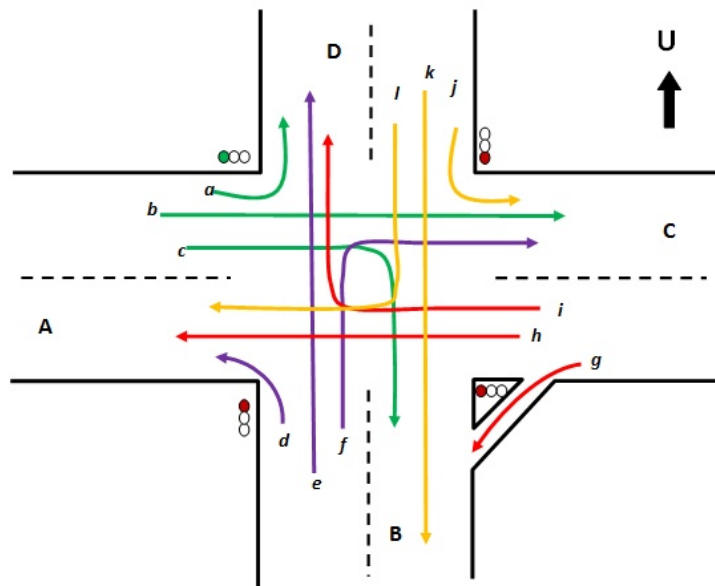
dengan menerapkan graf kompatibel pada penentuan waktu tunggu total optimal lampu lalu lintas di persimpangan jalan.

Dari segi matematika, pada awalnya teori graf "kurang" signifikan, karena kebanyakan dipakai untuk memecahkan teka-teki (puzzle), namun akhirnya mengalami perkembangan yang sangat pesat yaitu terjadi pada beberapa puluh tahun terakhir ini (Ketut, 2007). Teori graf merupakan salah satu topik yang banyak mendapat perhatian, karena model-modelnya sangat berguna untuk aplikasi yang luas, seperti masalah dalam jaringan komunikasi, transportasi, ilmu komputer, dan lain sebagainya. Graf lengkap ialah graf sederhana yang setiap titiknya mempunyai sisi ke semua titik lainnya. Graf lengkap dengan n buah titik dilambangkan K_n . setiap titik pada K_n berderajat $n - 1$ (Munir, 2005).

Graf-graf kompatibilitas digunakan secara luas dalam memecahkan masalah yang melibatkan pengaturan data dalam urutan tertentu (Wilson & Watkin, 1976: 61-64). Aliran lalu lintas tertentu dapat disebut kompatibel jika kedua arus tidak akan menghasilkan kecelakaan (Hosseini & Orooji, 2009). Arus lalu lintas yang kompatibel yaitu dua buah arus lalu lintas jika keduanya dapat berjalan bersamaan dengan aman atau tidak berpotongan. Menurut (Wilson & Watkin, 1976), graf kompatibel adalah dua buah himpunan dimana titik-titiknya menunjukkan objek-objek yang akan diatur, dan sisi-sisinya menunjukkan pasangan objek yang kompatibel (sesuai).

Persimpangan jalan adalah merupakan bagian yang terpenting dari jalan raya sebab sebagian besar dari efisiensi, kapasitas lalu lintas, kecepatan biaya operasi, waktu perjalanan, keamanan dan kenyamanan akan tergantung pada perencanaan persimpangan tersebut (Hariyanto, 2004). Lalu lintas merupakan perangkat penting dalam mengendalikan persimpangan. Teori lalu lintas adalah fenomena fisik yang bertujuan memahami dan meningkatkan lalu lintas mobil, dan masalah yang terkait dengan itu seperti kemacetan lalu lintas (Baruah & Baruah, 2012).

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah (1) bagaimana bentuk graf kompatibilitas dari hasil pemodelan arus lalu lintas di persimpangan jalan Kaligarang, (2) berapa hasil waktu tunggu total optimal di persimpangan jalan Kaligarang dengan



Gambar 1. Sistem Lalu Lintas Pada Persimpangan Kaligarang-Kelud Raya-Bendungan

menggunakan graf kompatibilitas, dan (3) bagaimana perhitungan hasil waktu tunggu total optimal berdasarkan graf kompatibilitas dengan pengaturan yang sudah diterapkan.

Tujuan penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui bentuk graf kompatibilitas dari hasil pemodelan arus lalu lintas di persimpangan jalan Kaligarang, (2) untuk mengetahui hasil waktu tunggu total optimal di persimpangan jalan Kaligarang dengan menggunakan graf kompatibilitas, dan (3) untuk mengetahui perhitungan hasil waktu tunggu total optimal berdasarkan graf kompatibilitas dengan pengaturan yang sudah diterapkan.

Metode

Metode penelitian memegang peranan yang sangat penting dalam pencapaian tujuan penelitian yang telah ditetapkan agar penelitian dapat berjalan lancar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus. Lokasi penelitian di persimpangan jalan Kaligarang. Dalam penelitian ini pokok bahasan yang ditelaah adalah graf kompatibel dalam pemodelan arus lalu lintas. Algoritma pemodelan lalu lintas dengan graf kompatibel, yaitu: (1) menggambarkan graf kompatibel, dimana titik-titiknya menunjukkan arus lalu lintas yang akan diatur, dan sisi-sisinya menunjukkan pasangan objek yang kompatibel. Dua buah titik dihubungkan dengan sisi jika dua arus lalu lintas kompatibel; (2) menentukan subgraf lengkap terbesar. Graf lengkap ialah

graf sederhana yang setiap titiknya mempunyai sisi ke semua titik lainnya; (3) menentukan waktu siklus tiap arus lalu lintas berdasarkan banyaknya subgraf lengkap. Membagi 1 periode waktu dari jumlah banyaknya subgraf lengkap terbesar, kemudian mengalokasikan siklus waktu tiap jalur; (4) menentukan waktu tunggu total. Dimana waktu tunggu total dihitung dengan menggunakan hasil alokasi periode waktu tiap jalur.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengkaji tentang penerapan graf kompatibilitas untuk pengaturan persimpangan jalan, dengan lokasi penelitian pada persimpangan Kaligarang. Penelitian ini memerlukan data tentang persimpangan Kaligarang serta menentukan arus yang terjadi pada persimpangan tersebut. gambar persimpangan tersebut diubah ke bentuk graf kompatibel atau dibuat sub graf lengkap terbesar, kemudian dilakukan proses untuk mencari beberapa arah yang dapat berjalan secara bersamaan dengan aman dan konsisten berdasarkan waktu tunggu tiap jalur.

Waktu pengambilan data akan dibagi pada tiga periode waktu, yaitu: (a) pagi hari, dibatasi pada pukul 06.30-07.30 WIB, dengan asumsi banyaknya pekerja dan pelajar yang berangkat pada jam tersebut; (b) siang hari, dibatasi pada pukul 12.30-13.30 WIB, dengan asumsi banyaknya pelajar yang pulang dan aktivitas lain pada jam tersebut; (c) sore hari, dibatasi pada pukul 16.30-17.30 WIB, dengan

asumsi banyaknya pekerja yang pulang.

Data yang diamati pada tiap ruas jalan dari dua arah hanya kendaraan bermotor dan roda empat, sedangkan pejalan kaki dan penyeberang jalan diabaikan. Arus lalu lintas yang diamati yaitu yang berbelok kiri mengikuti lampu dan belok kiri tidak mengikuti lampu.

Gambar Sistem Lalu Lintas Pada Persimpangan Kaligarang seperti Gambar 1.

Keterangan gambar 1:

A = Jalan Kaligarang arah Sampokong

B = Jalan Kelud Raya

C = Jalan Kaligarang arah Karyadi

D = Jalan Bendungan

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, dan l menunjukkan arus lalu lintas dari masing-masing jalur.

Pada Gambar 1 terdapat 12 lintasan, yaitu:

Lintasan AC : dari arah Pamularsih ke Karyadi

Lintasan AB : dari arah Pamularsih ke Kelud Raya

Lintasan AD : dari arah Pamularsih ke

Bendungan

Lintasan BD : dari arah Kelud ke

Bendungan

Lintasan BC : dari arah Kelud ke Karyadi

Lintasan BA : dari arah Kelud ke

Pamularsih

Lintasan CA : dari arah Karyadi ke

Pamularsih

Lintasan CD : dari arah Karyadi ke

Bendungan

Lintasan CB : dari arah Karyadi ke Kelud

Lintasan DB : dari arah Bendungan ke Kelud

Lintasan DA : dari arah Bendungan ke Pamularsih

Lintasan DC : dari arah Bendungan ke Karyadi

Pengambilan data ini dilakukan selama 3 hari dengan tiga waktu yang berbeda, yaitu pagi, siang dan sore hari.

Tabel 1. Pengambilan data I (Senin, 15 Oktober 2012)

Pengamatan Awal	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
Jalan Supriyadi (A)	83	3	40
Jalan Majapahit dari arah timur (B)	106	3	17
Jalan Majapahit dari arah barat (C)	88	3	35

Tabel 2. Pengambilan data II (Selasa, 16 Oktober 2012)

Pengamatan Awal	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
Jalan Supriyadi (A)	83	3	40
Jalan Majapahit dari arah timur (B)	106	3	17
Jalan Majapahit dari arah barat (C)	88	3	35

Tabel 3. Pengambilan data III (Rabu, 17 Oktober 2012)

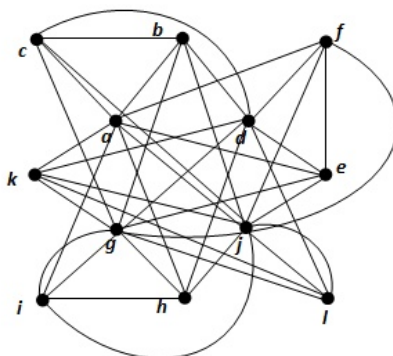
Pengamatan Awal	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
Jalan Supriyadi (A)	83	3	40
Jalan Majapahit dari arah timur (B)	106	3	17
Jalan Majapahit dari arah barat (C)	88	3	35

Berdasarkan hasil yang didapat setelah dilakukannya pengamatan di lapangan, ternyata data yang diperoleh menunjukkan sama dalam pengambilan pada waktu yang berbeda. Pada penelitian di persimpangan simpang empat Kaligarang ini digunakan beberapa asumsi, diantaranya: (1) asumsi belok kiri tidak mengikuti lampu; (2) asumsi belok kiri mengikuti lampu; (3) asumsi titik d berhenti jika titik h jalan. Dari siklus lampu di persimpangan Kaligarang tersebut akan dibentuk graf kompatibel, seperti yang terlihat pada Gambar 2.

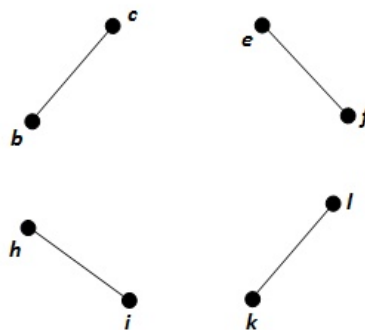
Selanjutnya sistem lalu lintas pada

Gambar 2 akan dimodelkan dalam bentuk graf kompatibel dengan mendapatkan subgraf lengkap sesuai dari asumsi masing-masing.

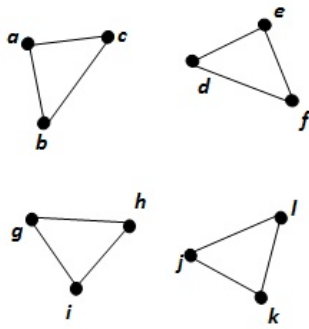
Lintasan-lintasan pada Gambar 2 dinyatakan sebagai titik pada graf kompatibel dengan mendapatkan subgraf lengkap, sehingga diperoleh himpunan titik $\{bc, ef, hi, kl\}$ pada Gambar 3, himpunan titik $\{abc, def, ghi, jkl\}$ pada Gambar 4, dan himpunan titik $\{abc, d, ef, ghi, jkl\}$ pada Gambar 5. Setelah mendapatkan sub graf lengkap terbesar, selanjutnya dilakukan pembagian waktu dengan menggunakan diagram jam



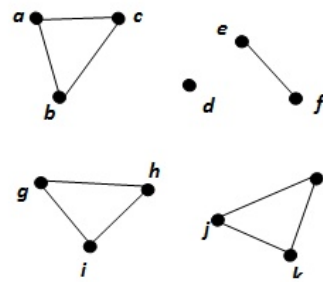
Gambar 2. Bentuk graf kompatibel pada simpang empat jalan Kaligarang-Kelud Raya-Bendungan



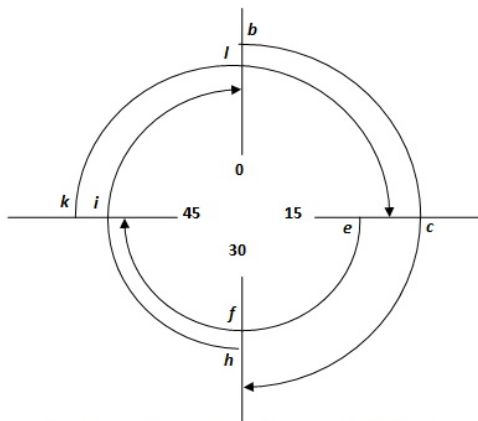
Gambar 3. Graf lengkap G saat belok kiri tidak mengikuti lampu



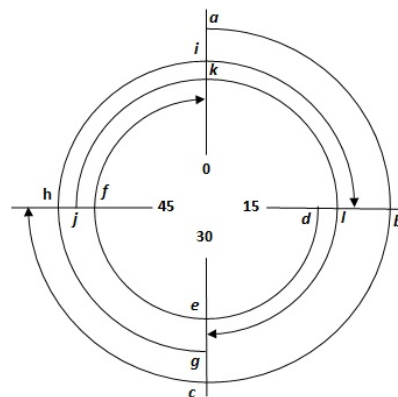
Gambar 4. Graf lengkap G saat belok kiri mengikuti lampu



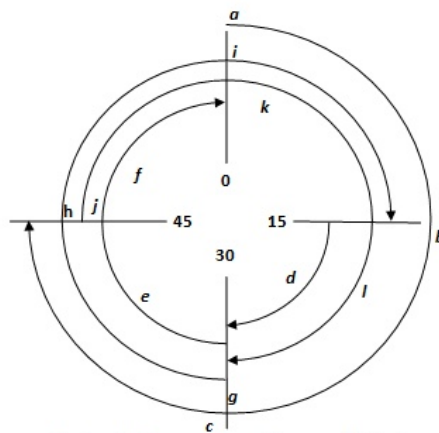
Gambar 5. Graf lengkap G Saat titik d berhenti jika titik h jalan



Gambar 6. Diagram jam pada asumsi belok kiri tidak mengikuti lampu lampu



Gambar 7. Diagram jam pada asumsi belok kiri mengikuti lampu lampu



Gambar 8. Diagram jam pada asumsi titik d berhenti jika titik h jalan

Dari Gambar 3 diperoleh 4 subgraf lengkap terbesar dengan setiap subgraf terbesar memuat 2 titik. Untuk itu dengan mengasumsikan lampu lalu lintas itu beroperasi selama 60 detik tiap putaran, maka salah satu penyelesaian adalah membiarkan setiap titik berjalan selama 60 detik : 4 subgraf lengkap = 15 detik tiap periode. Untuk lebih jelasnya bisa

dilihat pada diagram jam pada Gambar 6. Karena dalam 1 subgraf lengkap terdiri dari 2 titik maka dalam setiap periode 60 detik, arus dari tiap jalur berjalan selama $2 \times 15 \text{ detik} = 30 \text{ detik}$. Karena terdapat 8 titik pada subgraf lengkap diatas, maka untuk 'waktu tunggu total' nya $8 \times 15 \text{ detik} = 120 \text{ detik}$.

Dari Gambar 4 diperoleh 4 subgraf

lengkap terbesar dengan setiap subgraf terbesar memuat 3 titik. Untuk itu dengan mengasumsikan lampu lalu lintas itu beroperasi selama 60 detik tiap putaran, maka salah satu penyelesaian adalah membiarkan setiap arus berjalan selama 60 detik : 4 subgraf lengkap = 15 detik. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada diagram jam pada Gambar 7. Karena dalam 1 subgraf lengkap terdiri dari 3 titik maka dalam setiap periode 60 detik, arus dari tiap jalur berjalan selama 3×15 detik = 45 detik. Karena terdapat 12 titik pada subgraf lengkap diatas, maka untuk 'waktu tunggu total' nya 12×15 detik = 180 detik.

Dari Gambar 5 diperoleh 5 subgraf

lengkap terbesar dengan setiap subgraf lengkap terbesar memuat 3 titik, 2 titik, dan 1 titik. Untuk itu dengan mengasumsikan lampu lalu lintas itu beroperasi selama 60 detik tiap putaran, maka salah satu penyelesaian adalah membiarkan setiap arus berjalan selama 60 detik: 5 subgraf lengkap = 12 detik. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada diagram jam pada Gambar 8. Karena dalam 1 subgraf lengkap terdiri dari 3 titik, 2 titik, dan 1 titik, maka dalam setiap periode 60 detik arus dari tiap jalur ada yang berjalan selama 3×12 detik = 36 detik, 2×12 detik = 24 detik, dan 1×12 detik = 12 detik. Karena terdapat 12 titik pada subgraf lengkap diatas, maka untuk 'waktu tunggu total' nya 12×12 detik = 144 detik.



Gambar 9. Tampilan awal program simulasi traffic light



Gambar 11. Tampilan program simulasi perempatan jalan Kaligarang- Kelud Raya- Bendungan

Setelah dilakukan dengan menggunakan tiga asumsi tersebut, didapat hasil yang optimal yaitu pada asumsi belok kiri tidak mengikuti lampu dengan hasil perhitungan waktu tunggu total 120 detik. Hasil pembuatan program simulasi lampu lalu lintas berbasis graf kompatibel dengan menggunakan software Visual Basic 6.0 tampilan awal simulasi terlihat seperti Gambar 9.

Setelah tombol file lalu perempatan diklik pada tampilan setting awal, maka program akan terlihat tampilan Utama Program Simulasi Simpang Empat seperti Gambar 11.

Gambar 11 menampilkan form utama dari program simulasi traffic light. Terlihat pada gambar, permodelan perempatan Kaligarang beserta lampu lalu lintas pada setiap jalurnya. Berdasarkan pengamatan di lapangan gambar tersebut juga menggambarkan situasi ketika dari arah Pamularsih lampu menyala hijau, maka dari arah yang lain berhenti kecuali untuk belok kiri jalan terus dari arah Karyadi dan Kelud Raya. Untuk belok kiri dari arah Bendungan berhenti dikarenakan jika belok kiri jalan terus maka berbahaya ketika dari arah Pamularsih jalan dan bias juga menyebabkan kemacetan.

simpulan

Bentuk graf kompatibilitas dari hasil pemodelan arus lalu lintas di persimpangan jalan simpang empat jalan Kaligarang-Kelud Raya-Bendungan Kota Semarang (4) waktu tunggu total optimal di simpang empat jalan Kaligarang-Kelud Raya-Bendungan Kota Semarang hasil yang didapat di lapangan adalah 389 detik sedangkan dengan menggunakan graf kompatibel menghasilkan 120 detik. Perhitungan hasil waktu tunggu total optimal berdasarkan graf kompatibilitas dengan pengaturan yang sudah diterapkan yaitu terlihat lebih optimal (minimal). Dalam perhitungan waktu tunggu total optimal ini yang dilihat hanya dari satu variabel yaitu waktu, karena tidak melibatkan variabel yang lainnya, seperti jumlah kendaraan dan lebar jalur.

Ucapan terimakasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelesaian artikel ini, terlebih kepada Isnaini Rosyida, S.Si., M.Si.

Daftar Pustaka

Baruah, A.K., & Baruah, N. 2012. *Signal Group of Compatible Graph in Traffic Control Problems*. Int. J. Advanced Networking and

Applications. Vol:04 Issue:01 Pages: 1473-1480 ISSN: 0975-0290

Budayasa, I.K. 2007. *Teori graf dan Aplikasinya*. Surabaya :Unesa University Press.

Hariyanto, J. 2004. *Sistem Pengendalian Lalu Lintas Pada Pertemuan Jalan Sebidang*. Sumatera Utara: Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara

Hosseini, S.M, & Orooji, H. 2009. *Phasing of Traffic Light at a Road Junction*. Applied Mathematical Science. Vol.3. No.30:1487-1492.

Munir, R. 2001. *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika

Wilson, R. J, & Watkins, J. J. 1976. *Graphs An Introductory Approach*. New York: Published simultaneously in Canada