



PENERAPAN GRAF PADA PERSIMPANGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA WELSH-POWELL UNTUK OPTIMALISASI PENGATURAN TRAFFIC LIGHT

Danang Aji Setiawan ✉, Amin Suyitno, Riza Arifudin

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

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima September 2015
Disetujui Januari 2016
Dipublikasikan Nopember 2016

Keywords:
Graf
Algoritma Welsh-Powell
Traffic Light

Abstrak

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui (1) penerapan graf pada persimpangan menggunakan algoritma Welsh-Powell untuk optimalisasi pengaturan traffic light dan (2) simulasi pengaturan traffic light menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0. Metode penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahap, yaitu pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, pembuatan simulasi, dan penarikan kesimpulan. Dari hasil analisis diperoleh bahwa hasil perhitungan untuk persimpangan Jerakah tidak lebih efektif dari data primer karena pada persimpangan tersebut sudah memiliki perhitungan paling efektif yang telah dibuat oleh DISHUBKOMINFO Kota Semarang dan perhitungan untuk persimpangan STIKES Tlogorejo menghasilkan keefektifitasan yang lebih baik dari data primer sehingga perhitungan yang telah dilakukan cocok untuk diterapkan pada persimpangan tersebut. Pembuatan simulasi untuk menyajikan kasus pengaturan traffic light pada persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo dalam bentuk visual sehingga penyelesaian kasus semakin mudah dan singkat, karena pada simulasi tersebut dapat memasukkan durasi lampu merah, lampu kuning, dan lampu hijau secara random.

Abstract

The purpose of this study are to determine (1) the application of the intersection graph using Welsh-Powell algorithm for optimizing traffic light setting and (2) simulating traffic light settings using Microsoft Visual Basic 6.0. The method used includes several stages, namely data collection, processing and analysis of data, the manufacturing simulation, and conclusion. From the results of the analysis showed that the results of the calculation for the Jerakah intersection no more effective than primary data due at the intersection of the most effective own calculations have been made by DISHUBKOMINFO of Semarang and intersection calculations for STIKES Tlogorejo produce better effectiveness of primary data so that the calculations have been made suitable to be applied to the intersection. Making the simulation to present the case of setting the traffic light at the Jerakah intersection and at the STIKES Tlogorejo intersection in visual form so that the resolution of the easier and shorter, because the duration of the simulation can include a red light, yellow light, and green light by random.

PENDAHULUAN

Masalah transportasi secara umum dan lalu lintas pada khususnya merupakan fenomena yang terlihat sehari-hari dalam kehidupan manusia. Jika peningkatan perjalanan ini tidak diikuti dengan peningkatan prasarana transportasi yang memadai, maka akan terjadi suatu ketidakseimbangan antara permintaan (demand) dan penyediaan (supply) yang akhirnya akan menimbulkan suatu ketidak-lancaran dalam mobilitas yang berupa kemacetan (Nugroho, 2008). Kemacetan timbul karena adanya konflik pergerakan yang ada di persimpangan dan untuk mengurangi konflik ini banyak dilakukan pengaturan untuk mengoptimalkan persimpangan dengan menggunakan lampu lalu lintas (traffic light).

Teori lalu lintas adalah fenomena fisik yang bertujuan memahami dan meningkatkan lalu lintas mobil, masalah yang terkait dengan itu seperti kemacetan lalu lintas (Baruah & Baruah, 2012). Lampu lalu lintas menandakan waktu kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dari berbagai arah. Banyak ditemui lampu lalu lintas dengan durasi lampu merah yang lama dan durasi lampu hijau yang singkat. Hal ini menimbulkan antrian yang menumpuk sehingga sering terjadi kemacetan, misalnya pada Jalur Pantura Kota Semarang.

Oleh karena itu dibutuhkan sebuah pengoptimalisasian pengaturan lampu lalu lintas, khususnya di persimpangan pada jalur pantura Kota Semarang dengan menggunakan algoritma yaitu algoritma Welsh-Powell.

Algoritma Welsh-Powell merupakan teknik dari pewarnaan graf. Ada dua macam pewarnaan graf yaitu pewarnaan simpul (vertex) dan pewarnaan sisi (edge). Salah satu cara untuk mengoptimalkan pengaturan lampu lalu lintas pada persimpangan jalan adalah dengan pewarnaan simpul. Algoritma Welsh-Powell merupakan alternatif lain bagi penggunaan algoritma seperti Brute Force, Backtracking, Dynamic Programming, dan sebagainya dalam pemecahan berbagai persoalan.

Algoritma Welsh-Powell telah digunakan Purnamasari, Ilman, dan Wulandari (2012) untuk mengoptimalkan lalu lintas di Simpang Empat Kalimas Bekasi Timur, digunakan juga Susiloputro, Rochmad, dan Alamsyah (2012) untuk penjadwalan ujian, lalu digunakan juga oleh Meiliana dan Maryono (2014) untuk optimalisasi pengaturan traffic light di Sukoharjo, sedangkan Riwinoto dan Isal

(2010) juga digunakan untuk hal yang serupa di kota Depok namun menggunakan algoritma yang berbeda yaitu algoritma Greedy. Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu adalah adanya pembuatan simulasi melalui program Microsoft Visual Basic 6.0 setelah perhitungan matematik yaitu menggunakan algoritma Welsh-Powell.

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah (1) Bagaimana penerapan graf pada persimpangan menggunakan algoritma Welsh-Powell untuk optimalisasi pengaturan traffic light? dan (2) Bagaimana membuat simulasi optimalisasi pengaturan traffic light menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0?.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu studi pustaka, pengumpulan data, pengolahan data, pembuatan program simulasi, dan penarikan kesimpulan. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data adalah metode observasi, yaitu pengamatan langsung untuk mendapatkan data primer pada persimpangan Jerakah (Simpang 3) dan persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4) Kota Semarang. Pengamatan dilaksanakan selama 5 hari pada tanggal 05-09 Juni 2015 dengan mengasumsikan 4 periode waktu yaitu pagi, siang, sore, dan malam hari. Data yang diperoleh adalah durasi lampu merah, kuning, dan hijau menyala pada setiap kaki simpang di persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo Kota Semarang. Pengolahan data dilakukan menggunakan algoritma Welsh-Powell dengan tujuan menghitung keefektifitasan durasi lampu lalu lintas menyala. Pembuatan program simulasi dibuat mengacu pada hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap mengolah data. Perancangan program dilakukan menggunakan software Microsoft Visual Basic 6.0. Berdasarkan semua penelitian yang telah dilakukan, maka ditariklah kesimpulan untuk menjawab semua tujuan penelitian yang telah ditetapkan pada awal penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Traffic light yang tersedia di persimpangan jalan bukan tidak memiliki permasalahan yang perlu diselesaikan, salah satunya pengaturan durasi lampu merah dan hijau. Permasalahan ini dapat dikaji pengaturannya menggunakan prinsip

pewarnaan simpul.

Algoritma penyelesaian kasus pengaturan traffic light di persimpangan jalan adalah sebagai berikut (1) Mentransformasikan persimpangan jalan beserta arusnya ke bentuk graf. Simpul merepresentasikan arus dan garis merepresentasikan arus-arus yang tidak boleh berjalan bersamaan, (2) Mewarnai setiap simpul pada graf dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell. Penggunaan algoritma untuk mengetahui arus mana saja yang bisa berjalan bersamaan dan jumlah bilangan kromatik yang dapat digunakan untuk langkah berikutnya, (3) Menentukan alternatif penyelesaian durasi lampu hijau dan lampu merah menyala. Hal ini dapat dilakukan dengan membagi durasi lampu hijau dengan bilangan kromatik, hasil pembagiannya menunjukkan durasi lampu hijau menyala baru. Langkah selanjutnya adalah menghitung tingkat keefektifitasan data baru dibanding data primer.

Hasil pengambilan data primer pada persimpangan Jerakah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Primer Traffic Light Persimpangan Jerakah

Waktu Penelitian		Waktu Interval	Kaki Simpang	Durasi lampu menyala			Total (detik)
Hari, tanggal	Pukul			Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	
Minggu, 07 Juni 2015	05.30	I 00.01 - 06.00	Selatan	66	2	20	88
Senin, 08 Juni 2015	05.00		Barat	31	3	54	88
Selasa, 09 Juni 2015	05.50		Timur	52	2	34	88
Total				149	7	108	264
Minggu, 07 Juni 2015	07.30	II 06.01 - 09.00	Selatan	96	3	30	129
Senin, 08 Juni 2015	08.30		Barat	42	3	84	129
Selasa, 09 Juni 2015	06.10		Timur	62	3	64	129
Total				200	9	178	387
Jum'at, 05 Juni 2015	14.00	III 09.01 - 15.00	Selatan	86	3	25	114
Sabtu, 06 Juni 2015	12.00		Barat	37	3	74	114
Minggu, 07 Juni 2015	10.30		Timur	57	3	54	114
Total				180	9	153	342
Jum'at, 05 Juni 2015	22.00	IV 15.01 - 00.00	Selatan	110	4	30	144
Sabtu, 06 Juni 2015	17.00		Barat	42	3	99	144
Minggu, 07 Juni 2015	15.30		Timur	62	3	79	144
Total				214	10	208	432

Pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa pembagian waktu dalam sehari sebanyak 4 kali yaitu pada pukul 00.01-06.00, 06.01-09.00, 09.01-15.00, dan 15.01-00.00. Hasil pengambilan data primer pada persimpangan STIKES Tlogorejo disajikan pada Tabel 2.

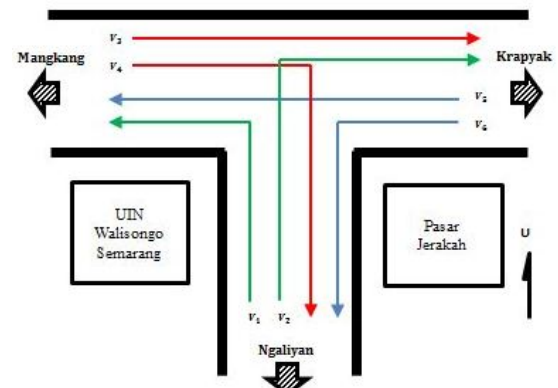
Tabel 2 Data Primer Traffic Light Persimpangan STIKES Tlogorejo

Waktu Penelitian		Waktu Interval	Kaki Simpang	Durasi lampu menyala			Total (detik)
Hari, tanggal	Pukul			Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	
Minggu, 07 Juni 2015	07.00	I 06.01 - 15.00	Selatan	89	2	28	119
Selasa, 08 Juni 2015	10.15		Barat	90	2	27	119
Selasa, 08 Juni 2015	12.30		Utara	89	2	28	119
Total				357	8	111	476
Sabtu, 06 Juni 2015	16.00	II 15.01 - 06.00	Selatan	89	2	27	118
Minggu, 07 Juni 2015	15.45		Barat	90	2	26	118
Minggu, 07 Juni 2015	18.45		Utara	89	2	27	118
Total				354	8	110	472

Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa pembagian waktu dalam sehari sebanyak 2 kali yaitu pada pukul 06.01-15.00 dan 15.01-06.00.

Persimpangan Jerakah (Simpang 3)

Sistem arus lalu lintas persimpangan Jerakah dapat dilihat pada Gambar 2.



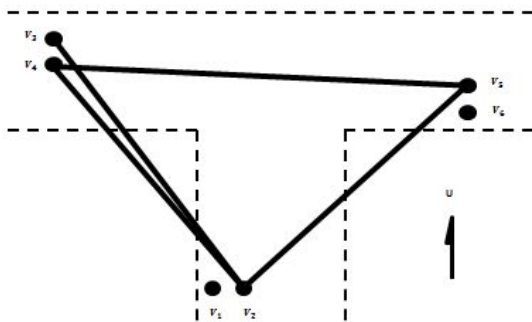
Gambar 1 Sistem Lalu Lintas Persimpangan Jerakah

Dari Gambar 1 terlihat bahwa $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5,$ dan V_6 saling berhubungan dan sesuai dengan keadaan di lapangan, arus-arus yang dapat jalan bersamaan (compatible) adalah arus V_1 dapat jalan bersamaan dengan V_2, V_3, V_4, V_5, V_6 karena belok kiri jalan terus;

arus V_2 dapat jalan bersamaan dengan V_1, V_6 ; arus V_3 dapat jalan bersamaan V_1, V_4, V_5, V_6 ; arus V_4 dapat jalan bersamaan dengan V_1, V_3, V_6 , begitu pula dengan arus V_5 dapat berjalan bersamaan dengan V_1, V_3, V_6 , lalu arus V_6 sama dengan arus V_1 yaitu dapat jalan bersamaan dengan V_2, V_3, V_4, V_5, V_6 karena belok kiri jalan terus.

Penyelesaian kasus pengaturan traffic light persimpangan Jerakah adalah sebagai berikut.

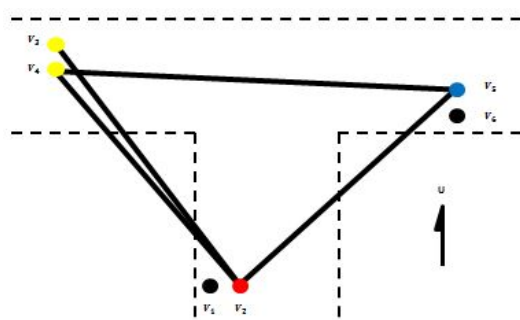
1) Mentransformasikan persimpangan Jerakah ke bentuk graf, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Persimpangan Jerakah dalam Bentuk Graf

Dari transformasi graf pada Gambar 2 terlihat bahwa simpul V_1 dan V_6 merupakan simpul asing yaitu simpul yang tidak saling terhubung dengan simpul yang lain, sehingga arus yang dinyatakan dengan V_1 dan V_6 dapat berjalan bersamaan dengan arus lain atau berlaku terus lampu hijau dikarenakan belok kiri jalan terus.

2) Mewarnai graf dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell, dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 3 sebagai penjelas bilangan kromatik.



Gambar 3 Persimpangan Jerakah dengan Pewarnaan Simpul

Tabel 3 Bilangan Kromatik

Simpul	V_2	V_4	V_5	V_3	V_1	V_6
Derajat	3	2	2	1	-	-
Warna	Merah	Kuning	Biru	Kuning		

Dari pewarnaan graf pada Gambar 3 diperoleh bilangan kromatik=3 seperti yang terlihat pada Tabel 3. Berdasarkan kasus pada persimpangan Jerakah, simpul V_3 tidak saling adjacent dengan simpul V_4 dan V_5 sehingga warna simpul V_3 bisa diseragamkan dengan simpul V_4 atau V_5 . Penyelesaian arus-arus yang dapat jalan bersamaan sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Warna Simpul

Arah	Warna	Simpul
Selatan	Merah	V_2
Barat	Kuning	V_3, V_4
Timur	Biru	V_5, V_5

Dari Tabel 4 dapat dibuat 3 partisi pengaturan traffic light, dilihat bahwa pada partisi pertama, arus V_2 berjalan sendirian, pada partisi kedua, arus V_4 berjalan bersamaan dengan arus V_3 , dan pada partisi ketiga, arus V_5 berjalan bersamaan dengan arus V_3 .

3) Menghitung alternatif penyelesaian durasi traffic light, dapat dilihat pada Tabel 5 untuk waktu I.

Tabel 5 Alternatif Penyelesaian Waktu I

Waktu I 00.01 - 06.00	Durasi waktu total = 88 detik Bilangan kromatik = 3		
	Lampu Lalin	Perhitungan	Hasil (detik)
Selatan	Hijau	$88/3$	29,33
	Kuning		2
	Merah	$88 - 29,33 - 2$	56,67
Barat	Hijau	$(88/3) + (88/3)$	58,66
	Kuning		3
	Merah	$88 - 58,66 - 3$	26,34
Timur	Hijau	$88/3$	29,33
	Kuning		2
	Merah	$88 - 29,33 - 2$	56,67

Berdasarkan Tabel 5 terdapat data primer yaitu durasi waktu satu siklus 88 detik, merujuk pada jurnal Meiliana dan Maryono (2014) langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian dengan bilangan kromatik yang didapat yaitu 3, diperoleh durasi lampu hijau menyala selama 29,33 detik dan durasi lampu merah menyala selama 56,67 detik. Untuk V_3 yang berada pada kaki simpang sebelah barat yaitu dapat berjalan bersama V_4 dan V_5 maka durasi lampu hijau menyala menjadi 58,66 detik dan durasi lampu merah menyala menjadi 26,34 detik. Untuk alternatif penyelesaian waktu II dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Alternatif Penyelesaian Waktu II

Waktu II 06.01 - 09.00	Durasi waktu total = 129 detik Bilangan kromatik = 3		
	Lampu Lalin	Perhitungan	Hasil (detik)
Selatan	Hijau	129/3	43
	Kuning		3
	Merah	129 - 43 - 3	83
Barat	Hijau	(129/3) + (129/3)	86
	Kuning		3
	Merah	129 - 86 - 3	40
Timur	Hijau	129/3	43
	Kuning		3
	Merah	129 - 43 - 3	83

Berdasarkan Tabel 6 terdapat data primer yaitu durasi waktu satu siklus 129 detik, merujuk pada jurnal Meiliana dan Maryono (2014) langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian dengan bilangan kromatik yang didapat yaitu 3, diperoleh durasi lampu hijau menyala selama 43 detik dan durasi lampu merah menyala selama 83 detik. Untuk V_3 yang berada pada kaki simpang sebelah barat yaitu dapat berjalan bersama V_4 dan V_5 maka durasi lampu hijau menyala menjadi 86 detik dan durasi lampu merah menyala menjadi 40 detik. Untuk alternatif penyelesaian waktu III dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Alternatif Penyelesaian Waktu III

Waktu III 09.01 - 15.00	Durasi waktu total = 114 detik Bilangan kromatik = 3		
	Lampu Lalin	Perhitungan	Hasil (detik)
Selatan	Hijau	114/3	38
	Kuning		3
	Merah	114 - 38 - 3	73
Barat	Hijau	(114/3) + (114/3)	76
	Kuning		3
	Merah	114 - 76 - 3	35
Timur	Hijau	114/3	38
	Kuning		3
	Merah	114 - 38 - 3	73

Berdasarkan Tabel 7 terdapat data primer yaitu durasi waktu satu siklus 114 detik, merujuk pada jurnal Meiliana dan Maryono (2014) langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian dengan bilangan kromatik yang didapat yaitu 3, diperoleh durasi lampu hijau menyala selama 38 detik dan durasi lampu merah menyala selama 73 detik. Untuk V_3 yang berada pada kaki simpang sebelah barat yaitu dapat berjalan bersama V_4 dan V_5 maka durasi lampu hijau menyala menjadi 76 detik dan durasi lampu merah menyala menjadi 35 detik. Untuk alternatif penyelesaian waktu IV dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Alternatif Penyelesaian Waktu IV

Waktu IV 15.01 - 00.00	Durasi waktu total = 144 detik Bilangan kromatik = 3		
	Lampu Lalin	Perhitungan	Hasil (detik)
Selatan	Hijau	144/3	48
	Kuning		4
	Merah	144 - 48 - 4	92
Barat	Hijau	(144/3) + (144/3)	96
	Kuning		3
	Merah	144 - 96 - 3	45
Timur	Hijau	144/3	48
	Kuning		3
	Merah	144 - 48 - 3	93

Berdasarkan Tabel 8 terdapat data

primer yaitu durasi waktu satu siklus 144 detik, merujuk pada jurnal Meiliana dan Maryono (2014) langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian dengan bilangan kromatik yang didapat yaitu 3, diperoleh durasi lampu hijau menyala selama 48 detik dan durasi lampu merah menyala selama 92 detik. Untuk V_3 yang berada pada kaki simpang sebelah barat yaitu dapat berjalan bersama V_4 dan V_5 maka durasi lampu hijau menyala menjadi 96 detik dan durasi lampu merah menyala menjadi 45 detik. Secara keseluruhan, data baru traffic light persimpangan Jerakah dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9 Data Baru Traffic Light Persimpangan Jerakah

Waktu (WIB)	Kaki Simpang	Durasi lampu menyala		
		Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
I 06.01 - 09.00	Selatan	56,67	2	29,33
	Barat	26,34	3	58,66
	Timur	56,67	2	29,33
	Total	139,68	6	117,32
II 09.01 - 12.00	Selatan	83	3	43
	Barat	40	3	86
	Timur	83	3	43
	Total	206	9	172
III 12.01 - 19.00	Selatan	73	3	38
	Barat	35	3	76
	Timur	73	3	38
	Total	181	9	152
IV 19.01 - 06.00	Selatan	92	4	48
	Barat	45	3	96
	Timur	93	3	48
	Total	230	10	192

Berdasarkan durasi lampu merah menyala dan lampu hijau menyala di persimpangan Jerakah dapat diketahui bahwa data baru hasil penyelesaian kasus pengaturan traffic light persimpangan Jerakah dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell berselisih angka yang tidak terlalu banyak dari pada data primer. Berikut disajikan tabel data primer dan data baru traffic light persimpangan Jerakah pada Tabel 10.

Tabel 10 Data Primer dan Data Baru Traffic Light Persimpangan Jerakah

Waktu (WIB)	Kaki Simpang	Data Primer			Data Baru		
		Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
I 00.01 - 06.00	Selatan	66	2	20	56,67	2	29,33
	Barat	31	3	54	26,34	3	58,66
	Timur	52	2	34	56,67	2	29,33
	Total	149	7	108	139,68	6	117,32
II 06.01 - 09.00	Selatan	96	3	30	83	3	43
	Barat	42	3	84	40	3	86
	Timur	62	3	64	83	3	43
	Total	200	9	178	206	9	172
III 09.01 - 15.00	Selatan	86	3	25	73	3	38
	Barat	37	3	74	35	3	76
	Timur	57	3	54	73	3	38
	Total	180	9	153	181	9	152
IV 15.01 - 00.00	Selatan	110	4	30	92	4	48
	Barat	42	3	99	45	3	96
	Timur	62	3	79	93	3	48
	Total	214	10	208	230	10	192

4) Menghitung tingkat keefektivasan durasi total traffic light data primer dengan data baru, dapat dilihat pada Tabel 11.

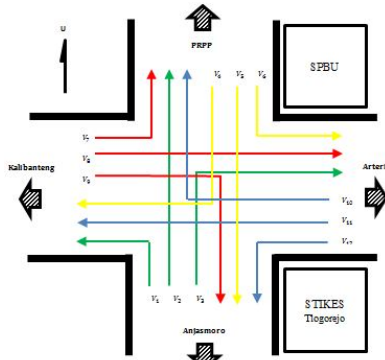
Tabel 11 Tingkat Keefektivasan Durasi Total Traffic Light Data Primer dengan Data Baru

Waktu (WIB)		Tingkat Efektivitas
I 06.01 - 09.00	Hijau	$\frac{117,32 - 108}{108} \times 100\% = 8,62\%$
	Merah	$\frac{149 - 139,68}{149} \times 100\% = 6,25\%$
II 09.01 - 12.00	Hijau	$\frac{172 - 178}{178} \times 100\% = -3,37\%$
	Merah	$\frac{200 - 206}{200} \times 100\% = -3\%$
III 12.01 - 19.00	Hijau	$\frac{152 - 153}{153} \times 100\% = -0,65\%$
	Merah	$\frac{180 - 181}{180} \times 100\% = -0,55\%$
IV 19.01 - 06.00	Hijau	$\frac{192 - 208}{208} \times 100\% = -7,69\%$
	Merah	$\frac{214 - 230}{214} \times 100\% = -7,47\%$

Berdasarkan perhitungan tingkat efektivitas durasi total traffic light data primer dengan data baru persimpangan Jerakah hanya waktu pada periode I yang mempunyai tingkat efektivitas lampu hijau menyala yaitu meningkat sebesar 8,62% dan lampu merah menyala yaitu dikurangi sebesar 6,25%, untuk waktu pada periode waktu II, III, dan IV terlihat bahwa perhitungan yang dihasilkan tidak lebih efektif dibandingkan data primer, dikarenakan pada persimpangan Jerakah dalam pembagian periode waktu sudah memiliki hitungan atau rancangan tersendiri yang dibuat oleh DISHUBKOMINFO Kota Semarang sehingga sudah menghasilkan traffic light yang efektif.

Persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4)

Sistem arus lalu lintas persimpangan STIKES Tlogorejo dapat dilihat pada Gambar 4.

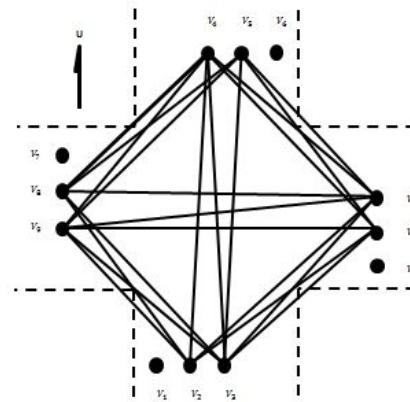


Gambar 4 Sistem Lalu Lintas Persimpangan STIKES Tlogorejo

Dari Gambar 4 terlihat bahwa $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}$, dan V_{12} saling berhubungan dan sesuai dengan keadaan yang ada di lapangan, arus-arus yang dapat jalan bersamaan (compatible) adalah arus V_1 dapat jalan bersamaan dengan $V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}$ karena belok kiri jalan terus; arus V_2 dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_3, V_6, V_7, V_{12}$; arus V_3 dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_2, V_6, V_7, V_{12}$; arus V_4 dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_5, V_6, V_7, V_{12}$; arus V_5 dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_4, V_6, V_7, V_{12}$; arus V_6 dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}$ karena belok kiri jalan terus; arus V_7 dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}$ karena belok kiri jalan terus; arus V_8 dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_6, V_7, V_9, V_{12}$; arus V_9 dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_6, V_7, V_8, V_{12}$; arus V_{10} dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_6, V_7, V_{11}, V_{12}$; arus V_{11} dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_6, V_7, V_{10}, V_{12}$; arus V_{12} dapat jalan bersamaan dengan $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}$ karena belok kiri jalan terus.

Penyelesaian kasus pengaturan traffic light persimpangan STIKES Tlogorejo adalah sebagai berikut.

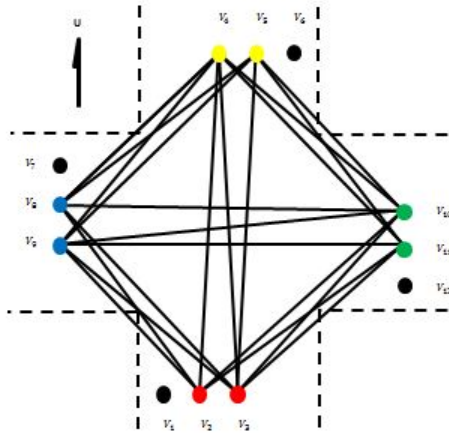
1) Mentransformasikan persimpangan STIKES Tlogorejo ke bentuk graf, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Persimpangan STIKES Tlogorejo dalam Bentuk Graf

Dari transformasi graf pada Gambar 5 terlihat simpul V_1, V_6, V_7 dan V_{12} merupakan simpul asing yaitu simpul yang tidak saling terhubung dengan simpul lain, sehingga arus yang dinyatakan dengan V_1, V_6, V_7 dan V_{12} dapat berjalan bersamaan dengan arus lain atau berlaku belok kiri jalan terus.

2) Mewarnai graf dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Persimpangan STIKES Tlogorejo dengan Pewarnaan Simpul

Tabel 12 Bilangan Kromatik

Simpul	V_3	V_4	V_2	V_5	V_8	V_9	V_{10}	V_{11}	V_1	V_6	V_7	V_{12}
Derajat	6	6	5	5	4	4	4	4	-	-	-	-
Warna	Merah	Kuning	Merah	Kuning	Biru	Biru	Hijau	Hijau				

Dari pewarnaan graf pada Gambar 6 diperoleh bilangan kromatik=4 seperti yang terlihat pada Tabel 12. Penyelesaian arus-arus yang dapat jalan bersamaan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Warna Simpul

Arah	Warna	Simpul
Selatan	Merah	V_2, V_3
Barat	Biru	V_8, V_9
Utara	Kuning	V_4, V_5
Timur	Hijau	V_{10}, V_{11}

Dari Tabel 13 dapat dibuat 4 partisi pengaturan traffic light, dilihat bahwa pada partisi pertama, arus V_2 dan V_3 berjalan bersamaan, pada partisi kedua, arus V_7 dan V_8 berjalan bersamaan, pada partisi ketiga, arus V_4 dan V_5 berjalan bersamaan, dan pada partisi keempat, arus V_{10} dan V_{11} berjalan bersamaan.

3) Menghitung alternatif penyelesaian durasi traffic light, dapat dilihat pada Tabel 14 untuk waktu I.

Tabel 14 Alternatif Penyelesaian Waktu I

Waktu I 06.01 - 15.00	Durasi waktu total = 119 detik Bilangan kromatik = 4		
	Lampu Lalm	Perhitungan	Hasil (detik)
Selatan	Hijau	119/4	29,75
	Kuning		2
	Merah	119 - 29,75 - 2	87,25
Barat	Hijau	119/4	29,75
	Kuning		2
	Merah	117 - 29,75 - 2	87,25
Utara	Hijau	119/4	29,75
	Kuning		2
	Merah	117 - 29,75 - 2	87,25
Timur	Hijau	119/4	29,75
	Kuning		2
	Merah	117 - 29,75 - 2	87,25

Berdasarkan Tabel 14 terdapat data primer yaitu durasi waktu satu siklus 119 detik, merujuk pada jurnal Meiliana dan Maryono (2014) langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian dengan bilangan kromatik yang didapat yaitu 4, diperoleh durasi lampu hijau menyala selama 29,75 detik dan durasi lampu merah menyala selama 87,25 detik. Untuk alternatif penyelesaian waktu II dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15 Alternatif Penyelesaian Waktu II

Waktu II 15.01 - 06.00	Durasi waktu total = 118 detik Bilangan kromatik = 4		
	Lampu Lalm	Perhitungan	Hasil (detik)
Selatan	Hijau	118/4	29,5
	Kuning		2
	Merah	118 - 29,5 - 2	86,5
Barat	Hijau	118/4	29,5
	Kuning		2
	Merah	118 - 29,5 - 2	86,5
Utara	Hijau	118/4	29,5
	Kuning		2
	Merah	118 - 29,5 - 2	86,5
Timur	Hijau	118/4	29,5
	Kuning		2
	Merah	118 - 29,5 - 2	86,5

Berdasarkan Tabel 15 terdapat data primer yaitu durasi waktu satu siklus 118 detik, merujuk pada jurnal Meiliana dan Maryono (2014) langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian dengan bilangan kromatik yang didapat yaitu 4, diperoleh durasi lampu hijau menyala selama 29,5 detik dan durasi lampu merah menyala selama 86,5 detik. Secara keseluruhan, data baru traffic light persimpangan STIKES Tlogorejo dapat dilihat pada Tabel 16 sebagai berikut.

Tabel 16 Data Baru Traffic Light Persimpangan STIKES Tlogorejo

Waktu (WIB)	Kaki Simpang	Durasi lampu menyala		
		Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
I 06.01 - 15.00	Selatan	87,25	2	29,75
	Barat	87,25	2	29,75
	Utara	87,25	2	29,75
	Timur	87,25	2	29,75
	Total		349	8
II 15.01 - 06.00	Selatan	86,5	2	29,5
	Barat	86,5	2	29,5
	Utara	86,5	2	29,5
	Timur	86,5	2	29,5
	Total		346	8

Berdasarkan durasi lampu merah menyala dan lampu hijau menyala di persimpangan STIKES Tlogorejo dapat diketahui bahwa data baru hasil penyelesaian kasus pengaturan traffic light persimpangan STIKES Tlogorejo dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell lebih efektif dari pada data primer. Berikut disajikan tabel data primer dan data baru traffic light persimpangan STIKES Tlogorejo pada Tabel 17.

Tabel 17 Data Primer dan Data Baru Traffic Light Persimpangan STIKES Tlogorejo

Waktu (WIB)	Kaki Simpang	Data Primer			Data Baru		
		Durasi lampu menyala					
		Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
I 06.01 - 15.00	Selatan	89	2	28	87,25	2	29,75
	Barat	90	2	27	87,25	2	29,75
	Utara	89	2	28	87,25	2	29,75
	Timur	89	2	28	87,25	2	29,75
	Total	357	8	111	349	8	119
II 15.01 - 06.00	Selatan	89	2	27	86,5	2	29,5
	Barat	90	2	26	86,5	2	29,5
	Utara	89	2	27	86,5	2	29,5
	Timur	86	2	30	86,5	2	29,5
	Total	354	8	110	346	8	118

4) Menghitung tingkat keefektivasan durasi total traffic light data primer dengan data baru, dapat dilihat pada Tabel 18.

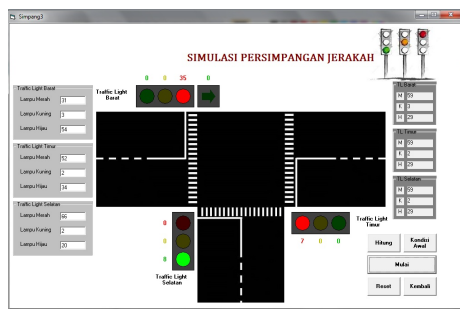
Tabel 18 Tingkat Keefektivasan Durasi Total Traffic Light Data Primer dengan Data Baru

Waktu (WIB)	Tingkat Efektivas	
I 06.01 - 15.00	Hijau	$\frac{119 - 111}{111} \times 100\% = 7,2\%$
	Merah	$\frac{357 - 349}{357} \times 100\% = 2,24\%$
II 15.01 - 06.00	Hijau	$\frac{118 - 110}{110} \times 100\% = 7,27\%$
	Merah	$\frac{354 - 346}{354} \times 100\% = 2,25\%$

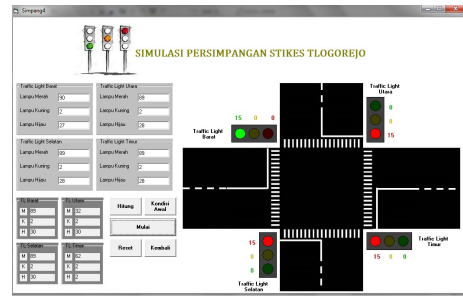
Berdasarkan perhitungan tingkat efektivitas durasi total traffic light data primer dengan data baru pada persimpangan STIKES Tlogorejo terlihat bahwa periode waktu I menghasilkan tingkat efektivitas pada lampu hijau menyala meningkat sebesar 7,2% dan untuk lampu merah menyala dapat dikurangi sebesar 2,24%, sedangkan periode waktu II menghasilkan tingkat efektivitas pada lampu hijau menyala sebesar 7,27% dan untuk lampu merah menyala dapat dikurangi sebesar 2,25%.

Pembuatan Simulasi

Tampilan simulasi persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7 Tampilan Simulasi Persimpangan Jerakah



Gambar 8 Tampilan Simulasi Persimpangan STIKES Tlogorejo

Persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo disimulasikan dengan menggunakan bantuan program Microsoft Visual Basic 6.0. Terlihat pada Gambar 7 dan Gambar 8, pemodelan persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo terdapat jalan beserta traffic light yang ditempatkan pada setiap kaki simpang sesuai dengan yang ada di lapangan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat diambil simpulan bahwa Penerapan graf pada persimpangan menggunakan algoritma Welsh-Powell untuk optimalisasi pengaturan traffic light yaitu dengan cara (1) Mentransformasikan persimpangan jalan beserta arusnya ke bentuk graf, (2) Mewarnai setiap simpul pada graf dengan menggunakan algoritma Welsh-Powell, (3) Menentukan alternatif penyelesaian durasi lampu hijau dan lampu merah menyala, (4) Menghitung tingkat keefektivasan durasi total traffic light. Hasil perhitungan tingkat keefektivasan pada persimpangan Jerakah (Simpang 3) bahwa tingkat keefektivasan tidak lebih baik dari data primer karena pada persimpangan Jerakah sudah memiliki perhitungan paling efektif yang dibuat oleh DISHUBKOMINFO Kota Semarang, sedangkan hasil perhitungan tingkat keefektivasan pada persimpangan STIKES Tlogorejo (Simpang 4) bahwa tingkat keefektivasan lebih baik dari data primer sehingga perhitungan tersebut tepat diterapkan pada persimpangan STIKES Tlogorejo. Pembuatan simulasi optimalisasi pengaturan traffic light menggunakan bantuan Microsoft Visual Basic 6.0 dengan cara melakukan perhitungan terlebih dahulu pada kasus persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo selanjutnya diterapkan

menggunakan bahasa pemrograman pada Microsoft Visual Basic 6.0 untuk mensimulasikan persimpangan Jerakah dan persimpangan STIKES Tlogorejo.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat disampaikan adalah untuk penelitian selanjutnya hendaknya pengambilan tempat tidak pada persimpangan yang telah berlabel Auto Traffic Control System (ATCS) karena telah memiliki perhitungan dengan tingkat efektif yang tinggi atau paling efektif dan penelitian skripsi ini didukung dengan software Microsoft Visual Basic 6.0 berbasis PC, untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan user interface berbasis mobile agar penggunaannya lebih praktis.

Daftar Pustaka

- Baruah, A. K. & Baruah, N. 2012. Signal Group of Compatible Graph in Traffic Control Problems. *Int. J. Advance Networking and Application*. Vol: 04 Issue: 01 Pages: 1473-1480 ISSN: 0975-0290.
- Purnamasari, D. M. Z. Ilman, & D.Wulandari. 2012. Algoritma Welch-Powell untuk Pengendalian Lampu Lalu Lintas. *UG Jurnal*. Vol: 6 No. 03 Pages: 1-7 ISSN: 1978-4783.
- Meiliana, C. H. & Maryono D. 2014. Aplikasi Pewarnaan Graf untuk Optimalisasi Pengaturan Traffic Light di Sukoharjo. *JIPTEK*, Vol. VII No. 1.
- Nugroho, A. D. 2008. Analisis Penerapan Belok Kiri Langsung Terhadap Tundaan Lalu Lintas pada Pendekat Persimpangan Bersinyal. Tesis. Semarang: Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Riwinoto & Isal, R. 2010. Simulasi Optimalisasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas di Kota Depok dengan Menggunakan Pendekatan Greedy Berbasis Graf. *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika*. Bali: Universitas Indonesia.
- Susiloputro, A., Rochmad, & Alamsyah. 2012. Penerapan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Ujian Menggunakan Algoritma Welsh Powell. *UNNES Journal of Mathematics*, 1(1): 2-7. Tersedia di <http://lib.unnes.ac.id/12424/1/4150407001a.pdf>.