

Penerapan Graf Kompatible Pada Durasi Lampu Lalu Lintas di Simpang Empat Andalas Kota Padang

Monalisa¹⁾, Nopra Algusduri²⁾, Fadly Braja Castama²⁾

¹ Program Studi Matematika, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

² Program Studi Fisika, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

Corresponding author: monalisa191211@gmail.com

Abstrak

Kemacetan lalu lintas menjadi masalah serius di perkotaan yang padat penduduk sehingga memengaruhi mobilitas dan efisiensi transportasi. Kemacetan sering terjadi karena kurangnya sinkronisasi waktu tunggu lampu lalu lintas dan volume kendaraan yang tinggi. Dalam upaya mengatasi masalah ini, kami menerapkan graf kompatible dalam mengelola durasi lampu lalu lintas di Simpang Empat Andalas. Penelitian ini menggunakan data lalu lintas yang diperoleh melalui pengamatan lapangan. Kemudian, kami menggunakan analisis graf kompatible untuk memodelkan jaringan lalu lintas dan menerapkan metode Webster untuk menghitung durasi lampu lalu lintas. Arus yang kompatible merupakan dua buah arus lalu lintas jika keduanya berjalan bersamaan tidak menimbulkan kecelakaan. Hasil penelitian ini diperoleh waktu tunggu di Simpang Empat Andalas selama 578 detik sedangkan dengan graf kompatible menghasilkan 114 detik. Perhitungan waktu tunggu lampu lalu lintas menggunakan graf kompatible lebih optimal dibandingkan dengan pengaturan yang sudah diterapkan.

Kata kunci: graf kompatible; Simpang Empat Andalas; lampu lalu lintas; waktu tunggu; metode webster.

Abstract

Traffic congestion is a serious issue in densely populated urban areas, affecting mobility and transportation efficiency. Congestion often occurs due to the lack of synchronization between traffic signal timings and a high volume of vehicles. In an effort to address this problem, we applied a compatible graph approach to manage the traffic signal durations at the Andalas Four-Way Intersection. This study utilized traffic data obtained through field observations. Subsequently, we employed compatible graph analysis to model the traffic network and applied the Webster method to calculate traffic signal durations. Compatible traffic flows are two traffic streams that, when operating simultaneously, do not lead to accidents. The research findings showed that the waiting time at the Andalas Four-Way Intersection was 578 seconds, while with the compatible graph approach, it reduced to 114 seconds. The calculation of traffic signal waiting times using the compatible graph approach is more optimal compared to the existing configuration.

Keywords compatible graph; Andalas Four-Way Intersection; traffic signals; waiting time; Webster method.

Pendahuluan

Lalu lintas di kota-kota besar, termasuk Kota Padang, terus meningkat seiring berjalannya waktu. Peningkatan ini dapat menyebabkan terjadinya kemacetan yang sering terjadi di persimpangan jalan terutama di persimpangan jalan yang menghubungkan berbagai akses jalan. Salah satu persimpangan yang sering mengalami tingkat kemacetan yang tinggi adalah Persimpangan Empat Andalas di Kota Padang. Hal ini karena persimpangan tersebut menghubungkan banyak akses jalan. Dampak dari kemacetan ini adalah peningkatan waktu tunggu pengguna jalan saat melintasi persimpangan jalan tersebut (Wini Mustikarani & Suherdiyanto, 2016).

Salah satu upaya mengurangi kemacetan di Simpang Empat Andalas Kota Padang yaitu dengan pengaturan lampu lalu lintas. Pengaturan lampu lalu lintas dapat diatur dengan menerapkan graf kompatibel (Mardiati, 2014). Arus-arus yang kompatibel diorganisasi ke dalam beberapa kelompok yang dibagi berdasarkan jumlah persimpangan yang ada. Penyusunan kelompok ini memungkinkan arus yang saling kompatibel diberikan warna yang identik. Basriati dan Wahyuni melakukan penelitian dengan melakukan asumsi-asumsi pada variabel yang digunakan. Namun penelitian tersebut perlu dilakukan penambahan asumsi-asumsi dan variabel-variabel yang digunakan serta simulasi perancangan program komputer dalam menyelesaikan pola pengaturan lalu lintas, sehingga dapat diperoleh model yang lebih mendekati situasi sebenarnya.

Masalah pengaturan lampu lalu lintas berkaitan dengan cara mengatur arus lalu lintas kendaraan di persimpangan jalan dan menentukan berapa lama lampu merah dan lampu hijau menyala (Apriyono, 2021). Banyak persimpangan jalan memiliki masalah di mana lampu hijau menyala sebentar sementara lampu merah menyala lama. Tentunya, masalah pengaturan warna lampu lalu lintas ini sangat memengaruhi berapa lama pengguna jalan harus menunggu di persimpangan (Ujianto, 2022). Banyak pengaturan lampu lalu lintas saat ini belum mencapai efisiensi yang maksimal, karena di banyak persimpangan jalan, kita sering menemui lampu lalu lintas dengan waktu lampu hijau yang terlalu singkat dan waktu lampu merah yang terlalu lama. Akibatnya, kendaraan seringkali harus mengantri lebih lama di persimpangan tersebut (Meiliana & Maryono, 2014).

Graf kompatibel telah digunakan dalam rekayasa lalu lintas untuk memodelkan aliran lalu lintas dan mengoptimalkan waktu sinyal lalu lintas di persimpangan. Para peneliti telah menerapkan graf kompatibel untuk menentukan waktu tunggu total optimal untuk sinyal lalu lintas di simpang empat. Dengan memodelkan aliran lalu lintas sebagai graf, dengan simpul yang mewakili persimpangan dan tepi yang mewakili jalan, graf kompatibel dapat membantu mengidentifikasi aliran lalu lintas maksimum yang dapat bergerak secara bersamaan melalui sebuah persimpangan. Hal ini dapat mengarah pada aliran lalu lintas yang lebih efisien dan waktu tunggu yang lebih singkat bagi pengemudi. Studi sebelumnya telah menerapkan graf kompatibel pada simpang empat di berbagai lokasi, termasuk simpang empat Majapahit-Supriyadi di Semarang dan simpang empat Kaligarang-Kelud Raya di Semarang. Penggunaan graf kompatibel dalam rekayasa lalu lintas memiliki potensi untuk meningkatkan aliran lalu lintas dan mengurangi kemacetan di persimpangan (Wamiliana, 2014).

Beberapa studi terdahulu (Miftahurrahmah, 2016) dan (Anisa, 2015) tentang penyelesaian masalah pengaturan lampu lalu lintas dapat dianalisis dari perspektif teori graf. Ini melibatkan representasi persimpangan jalan sebagai simpul dalam graf, di mana simpul tersebut menggambarkan arah perjalanan yang diizinkan dari satu jalan ke jalan lain. Selain itu, tepi (*edge*) dalam graf mencerminkan kemungkinan arah perjalanan yang dapat dilakukan secara bersamaan. Pendekatan ini kemudian diterapkan menggunakan metode Webster dengan tujuan untuk menentukan pengaturan yang optimal pada lampu lalu lintas sehingga menghasilkan penundaan kendaraan minimum. Penundaan kendaraan terjadi karena jumlah kendaraan yang memasuki persimpangan melebihi jumlah kendaraan yang keluar dari persimpangan tersebut (Sudirman et al., 2005). Salah satu keunggulan dari pendekatan Webster adalah kemudahannya dalam pelaksanaan serta dalam kasus volume lalu lintas tinggi, metode ini juga menghasilkan peningkatan durasi lampu hijau (Cahyani, 2018).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana graf kompatibel dapat diterapkan untuk mengatur durasi lampu lalu lintas berdasarkan kepadatan kendaraan di Persimpangan Empat Andalas, Kota

Padang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan durasi lampu lalu lintas yang optimal dan pengaturan warna lampu lalu lintas di Persimpangan Empat Andalas dengan menggunakan graf kompatibel. Sementara itu, manfaat dari penelitian ini adalah sebagai panduan bagi Dinas Perhubungan dalam menetapkan waktu tunggu yang optimal dan mengatur warna lampu lalu lintas di Persimpangan Empat Andalas, Kota Padang.

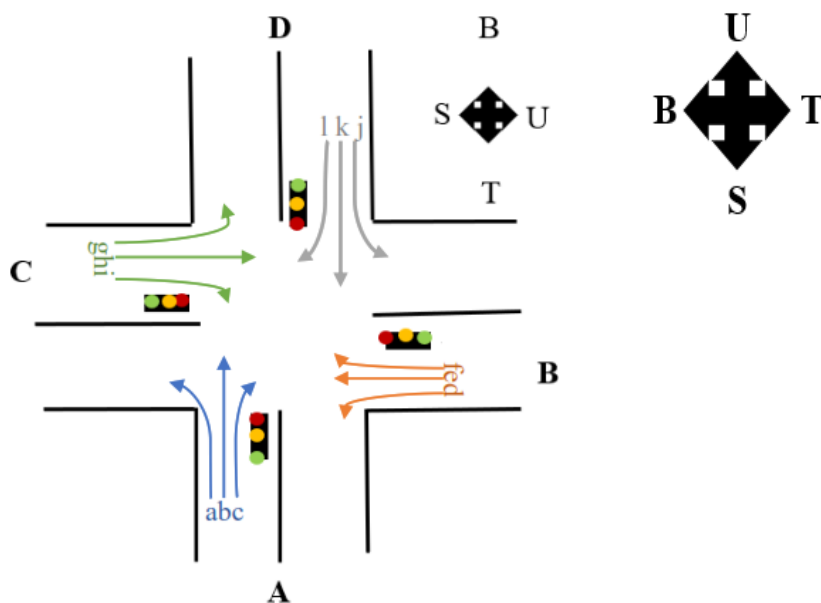
Metode Penelitian

Metode penelitian memiliki peran yang krusial dalam mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan, sehingga penelitian dapat berjalan dengan efisien. Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah studi kasus yang difokuskan pada persimpangan jalan Andalas. Fokus penelitian ini adalah pada konsep graf yang kompatibel dan metode Webster dalam pemodelan arus lalu lintas. Algoritma pemodelan lalu lintas dengan graf kompatibel terdiri dari empat langkah, yakni menggambarkan graf yang kompatibel, pemberian bobot pada graf, menentukan waktu siklus untuk masing-masing arus lalu lintas menggunakan metode Webster, dan menghitung waktu tunggu keseluruhan dengan menggunakan alokasi periode waktu pada setiap jalur.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini membahas tentang penerapan graf kompatibel pada pengaturan persimpangan jalan, dengan lokasi penelitian pada persimpangan Andalas. Penelitian ini memerlukan data tentang persimpangan Andalas dan menentukan arus yang terjadi pada persimpangan tersebut. Gambar persimpangan diubah ke bentuk graf kompatibel kemudian dilakukan proses untuk mencari beberapa arah yang dapat berjalan secara bersamaan dengan aman dan konsisten berdasarkan waktu tunggu tiap jalur.

Waktu pengambilan data dibagi menjadi 3 fase, yaitu pagi pukul 06.00-08.00 WIB, siang pukul 11.00-13.00 WIB, dan sore pukul 16.00-18.00 WIB. Pengambilan data dilakukan pada saat jam sibuk karena ini memungkinkan kami untuk mengumpulkan informasi yang lebih representatif tentang tingkat lalu lintas dan dinamika persimpangan pada saat yang paling padat, sehingga hasil analisis kita lebih akurat dan dapat digunakan untuk perbaikan yang lebih efektif dalam pengaturan lalu lintas. Data yang diamati pada tiap ruas jalan hanya kendaraan bermotor dan roda empat. Sedangkan arus lalu lintas yang diamati yaitu pada saat belok kiri mengikuti lampu dan belok kiri tidak mengikuti lampu.



Gambar 1. Simpang Empat Andalas

Hasil pengamatan lapangan mengindikasikan adanya variasi waktu nyala lampu lalu lintas, seiring dengan data yang berhasil dikumpulkan.

Tabel 1. Durasi lampu lalu lintas

Jalur	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Total
Jalan By Pass (A)	145	2	40	187
Jalan Dr. Moh. Hatta (B)	147	2	34	183
Jalan Dr. Moh. Hatta (C)	143	2	40	185
Jalan By Pass (D)	143	2	40	185
Total	578	8	154	740
Rata-rata	144.5	2	38.5	185

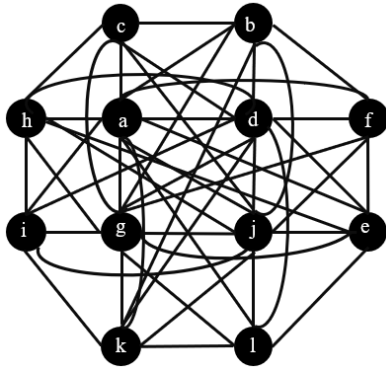
Selanjutnya siklus lalu lintas akan dibentuk dalam suatu graf yang compatible. Pembentukan graf compatible dilakukan dengan mencari arus lalu lintas yang dimana pada persimpangan tersebut terdapat dua buah jalur yang berjalan bersamaan tanpa adanya konflik atau pemotongan. Berikut jalur yang arus lalu lintasnya compatible dan tidak compatible.

Table 2. Arus-arus yang compatible dan tidak compatible

Jalur	Arus	Compatible	Tidak compatible
A	a	b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l	-
	b	a,c,d,f,g,j,k	e,h,i,l
	c	a,b,d,g,h,j	e,f,i,k,l
B	d	a,b,c,e,f,g,h,i,j,k,l	-

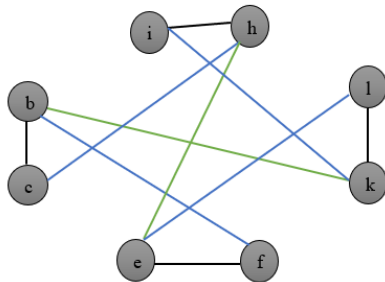
	e	a,d,f,g,h,j,l	b,c,i,k
	f	a,b,d,e,g,j	c,h,i,k,l
C	g	a,b,c,d,e,f,h,i,j,k,l	-
	h	a,c,d,e,g,i,j	b,f,k,l
	i	a,d,g,h,j,k	b,c,e,f,l
D	j	a,b,c,d,e,f,g,h,i,k,l	-
	k	a,b,d,g,i,j,l	c,e,f,h
	l	a,d,g,j,k	b,c,f,h,i

Arus yang telah compatible dibentuk kedalam graf compatible



Gambar 1. Graf Compatible untuk arus lalu lintas

Kemudian graf compatible diatas disederhanakan yaitu dengan menghilangkan arus a,d,g dan j. Hal ini karena arus tersebut kompatibel terhadap semua arus atau dengan kata lain sama dengan asumsi belok kiri tidak mengikuti lampu.



Gambar 3. Penyederhanaan Graf compatible

Keterangan:

- Garis berwarna hitam adalah arus yang jalan bersamaan.
- Garis berwarna hijau adalah arus yang berlawanan arah.
- Garis berwarna biru adalah arus yang menuju kearah yang sama.

Selanjutnya pemberian bobot pada tiap jalur persimpangan dengan asumsi berikut.

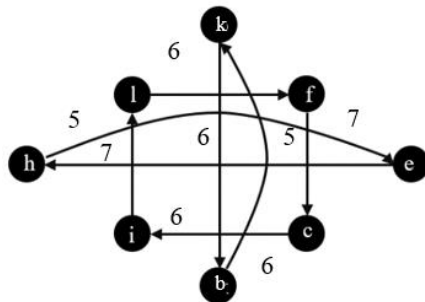
- Klasifikasi pemberian bobot nilai untuk lebar jalan
 - Klasifikasi pemberian bobot untuk volume kendaraan
- < 4 meter diberi bobot 4
 - ≥ 4000 kend/jam diberi bobot 5

- b) Antara 4 sampai 5 meter diberi bobot 3
 c) Lebih dari 5 sampai 6 meter diberi bobot 2
 d) > 6 meter diberi bobot 1
- b) 3000-3999 kend/jam diberi bobot 4
 c) 2000-2999 kend/jam diberi bobot 3
 d) 1000-1999 kend/jam diberi bobot 2
 e) 0-999 kend/jam diberi bobot 1

Pemberian bobot pada tiap jalur didasarkan pada asumsi diatas

- Titik b dan c memiliki lebar jalan 12 m dan *peak hour* pada sore hari pukul 16.00-18.00 dimana jumlah kendaraan 7007 kend/jam maka untuk lebar jalan diberi bobot 1 dan *peak hour* diberi bobot 5, sehingga titik b dan c memiliki bobot 6.
- Titik e dan f memiliki lebar jalan 6 m dan *peak hour* pada sore hari pukul 16.00-18.00 dimana jumlah kendaraan 4074 kend/jam maka untuk lebar jalan diberi bobot 2 dan *peak hour* diberi bobot 5, sehingga titik b dan c memiliki bobot 7.
- Titik h dan i memiliki lebar jalan 7 m dan *peak hour* pada sore hari pukul 16.00-18.00 dimana jumlah kendaraan 3996 kend/jam maka untuk lebar jalan diberi bobot 1 dan *peak hour* diberi bobot 4, sehingga titik b dan c memiliki bobot 5.
- Titik k dan l memiliki lebar jalan 12 m dan *peak hour* pada sore hari pukul 16.00-18.00 dimana jumlah kendaraan 7378 kend/jam maka untuk lebar jalan diberi bobot 1 dan *peak hour* diberi bobot 5, sehingga titik b dan c memiliki bobot 6.

Sehingga graf berbobot pada persimpangan empat Andalas adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Graf ganda berarah berbobot

Pada gambar diatas titik b dan c memiliki bobot 12, titik e dan f memiliki bobot 14, titik h dan i memiliki bobot 10, sedangkan titik k dan l memiliki bobot 12. Dikarenakan ada nilai bobot yang sama maka terdapat 3 fase pada persimpangan tersebut.

Table 3. Volume kendaraan di Jalan By Pass (RS Semen Padang)

Waktu	MC		LV		HV		UM		Jumlah	
	Emp=0,4		Emp=1		Emp=1,3		Emp=0,8			
	kend	smp	kend	smp	kend	smp	kend	smp	Kend/jam	Smp/jam
06.00-08.00	2941	1176.4	1529	1529	110	143	10	8	4590	2856.4
11.00-13.00	1479	591.6	74	74	71	92.3	0	0	1624	757.9
16.00-18.00	4321	1728.4	2417	2417	262	340.6	6	4.8	7007	4490.8

Table 4. Volume kendaraan di Jalan Moh. Hatta (UNAND)

Waktu	MC		LV		HV		UM		Jumlah	
	Emp=0,4		Emp=1		Emp=1,3		Emp=0,8			
	kend	smp	kend	smp	kend	smp	kend	smp	Kend/jam	Smp/jam

06.00-08.00	1711	684.4	1219	1219	3	3.9	6	4.8	2939	1912.1
11.00-13.00	1494	597.6	1085	1085	13	16.9	4	3.2	2596	1702.7
16.00-18.00	2531	1012.4	1527	1527	11	14.3	5	4	4074	2557.7

Table 5. Volume kendaraan di Jalan Moh. Hatta (Pasar Raya)

Waktu	MC		LV		HV		UM		Jumlah	
	Emp=0,4		Emp=1		Emp=1,3		Emp=0,8			
	kend	smp	kend	smp	kend	smp	kend	smp	Kend/jam	Smp/jam
06.00-08.00	1733	693.2	952	952	19	24.7	12	9.6	2716	1679.5
11.00-13.00	1382	552.8	889	889	5	6.5	3	2.4	2279	1450.7
16.00-18.00	2594	1037.6	1375	1375	18	23.4	9	7.2	3996	2443.2

Table 6. Volume kendaraan di Jalan By Pass (Budiman)

Waktu	MC		LV		HV		UM		Jumlah	
	Emp=0,4		Emp=1		Emp=1,3		Emp=0,8			
	kend	smp	kend	smp	kend	smp	kend	smp	Kend/jam	Smp/jam
06.00-08.00	2685	1074	1507	1507	92	119.6	5	4	4289	2704.6
11.00-13.00	1463	585.2	963	963	24	31.2	4	3.2	2454	1582.6
16.00-18.00	4544	1817.6	2533	2533	296	384.8	5	4	7378	4739.4

Keterangan : MC : *Motorcycle* (sepeda motor)
 LV : *Light Vehicle* (kendaraan ringan)
 HV : *Heavy Vehicle* (kendaraan berat)
 UM : *Unmotor* (sepeda dan becak)

Selanjutnya menghitung waktu siklus optimum dengan menggunakan metode Webster yaitu sebagai berikut:

1. Waktu kuning (R) = 5 detik

Ditetapkan 5 detik dengan asumsi 2 detik waktu hilang saat kendaraan menunggu antrian dan 3 detik adalah waktu kuning.

2. Arus Jenuh (s)

$$s = 525 \times w \text{ smp/jam}$$

Ket: w = lebar jalan(m)

a) Jalan By Pass (A) : $525 \times 12 = 6300 \text{ smp/jam}$

b) Jalan Moh. Hatta (B) : $525 \times 6 = 3150 \text{ smp/jam}$

c) Jalan Moh. Hatta(C) : $525 \times 7 = 3675 \text{ smp/jam}$

d) Jalan By Pass (D) : $525 \times 12 = 6300 \text{ smp/jam}$

3. Tingkat arus lalu lintas

Rasio arus normal untuk arus jenuh (y)

$$y = Q_s$$

Ket: Q = Arus kendaraan di lapangan (smp/jam)
 s = Arus jenuh di tabel (smp/jam)

- a) Jalan By Pass (A) : $4490.8 / 6300 = 0.7128 \text{ smp/jam} = 0.3564 \text{ smp/jam}$
- b) Jalan Moh. Hatta (B): $2557.73150 / 3150 = 0.8119 \text{ smp/jam} = 0.4059 \text{ smp/jam}$
- c) Jalan Moh. Hatta (C) : $2443.23675 / 3600 = 0.6649 \text{ smp/jam} = 0.3324 \text{ smp/jam}$
- d) Jalan By Pass (D) : $4739.4 / 6300 = 0.7523 \text{ smp/jam} = 0.3761 \text{ smp/jam}$

Rasio kemacetan untuk semua fase di persimpangan

$$Y = FR = y_{\max} = 0.8119 < 0.85$$

Ket: Y = jumlah y maksimum pada seluruh fase

4. Waktu hilang total (Lt)

$$Lt = 2n + R = 23 + 5 = 11$$

- Waktu siklus optimum adalah

$$C_0 = 1.5L + 51 - Y = 1.5(11) + 51 - 0.8119 = 21.501881 = 114 \text{ detik}$$

- Waktu hijau efektif adalah

a) Fase A dan D (Jalan By Pass)

$$g = 0.3661(114) - 110.8119 = 47 \text{ detik}$$

b) Fase B (Jalan Moh Hatta)

$$g = 0.4059(114) - 110.8119 = 51 \text{ detik}$$

c) Fase C (jalan Moh Hatta)

$$g = 0.3324(114) - 110.8119 = 42 \text{ detik}$$

- Waktu merah efektif adalah

a) Fase A = $C_0 - \text{waktu hijau} - \text{waktu kuning} = 114 - 47 - 5 = 62 \text{ detik}$

b) Fase B = $C_0 - \text{waktu hijau} - \text{waktu kuning} = 114 - 51 - 5 = 58 \text{ detik}$

c) Fase C = $C_0 - \text{waktu hijau} - \text{waktu kuning} = 114 - 42 - 5 = 67 \text{ detik}$

Berdasarkan hasil pengolahan dengan menggunakan graf kompatibel dan metode Webster maka diperoleh data perbandingan nyala lampu lalu lintas di lapangan dan yang menggunakan graf.

Tabel 7. perbandingan waktu nyala lampu lalu lintas

Persimpangan jalan	Waktu nyala di lapangan			
	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Total waktu
Jalan By Pass (A)	145	2	40	187
Jalan Moh. Hatta (B)	147	2	34	183
Jalan Moh. Hatta (C)	143	2	40	185
Jalan By Pass (D)	143	2	40	185
Persimpangan jalan	Waktu nyala menggunakan graf			
	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Total waktu
Jalan By Pass (A)	62	5	47	114
Jalan Moh. Hatta (B)	58	5	51	114
Jalan Moh. Hatta (C)	67	5	42	114
Jalan By Pass (D)	62	5	47	114

Kesimpulan

Perhitungan hasil dari durasi lampu lalu lintas menggunakan graf kompatible dan metode Webster paling lebih efektif yaitu menghasilkan waktu siklus optimum sebesar 114 detik, hal ini lebih optimal dibandingkan waktu siklus di lapangan. Hasil perhitungan pada ruas jalan Moh. Hatta(B) memiliki lebar jalan paling kecil dan tingkat arus jenuh paling tinggi terjadi pengurangan pada nyala lampu merah menjadi 58 detik dan nyala lampu hijau bertambah sebesar 52 detik.

Bibliografi

- Anisa, D. (2015). *Penerapan Metode Webster Untuk Lampu Lalu Lintas di Bogot* . Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Apriyono, T., Rumlus, D.P. (2021). Analisis faktor-faktor yang mengakibatkan kemacetan lalu lintas pada ruas jalan budi utomo dan jalan hasannudin di kota timika. *Jurnal Kritis*. 5(2):96–114.
- Cahyani, U. (2018). *Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Kota Medan Menggunakan Graf dan Metode Webster* .Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Mardiati, R. (2014). Studi tentang pemodelan arus lalu lintas. *Journal of Electrical*. 8(2):177–198.
- Meiliana, C. Heni., & D. Maryono. (2014). Aplikasi Pewarnaan Graf Untuk Optimalisasi Pengaturan *Traffic Light* di Sukoharjo. *JIPTEK* .1: 25-34.
- Miftahurrahmah. (2016). *Aplikasi Teori Graf dalam Pengaturan Lampu Lalu Lintas*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Sudirman Y. Krisna, Hendra & Maseleno Andino. (2005). *Simulasi Numerik Untuk Otomasi Sistem Pengaturan Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Volume Kepadatan Lalu Lintas Dengan Menggunakan PLC*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi I, Yogyakarta, 25-26 Februari 2005. Hlm 1-9.
- Ujiyanto, S. (2022). Pengendalian traffic light berbasis logika fuzzy pada kasus persimpangan dalam kota dengan satu jalur kepadatan yang dinamik traffic light control based on fuzzy logic on the case of intersection in the city with one dynamic density lane. *Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali, dan Elektronika Terapan*. 10(1):78–89.
- Wamiliana, Endah, O.D., Mukhtarisa, I.Z. (2014). Simulasi sistem pengaturan lalu lintas otomatis dengan karakteristik kerapatan pada simpang tiga dan simpang empat menggunakan algoritma miloza. *Jurnal Komputasi*. 2(1):38–49.
- Wini Mustikarani & Suherdiyanto (2016). Analisis faktor-faktor penyebab kemacetan lalu lintas di sepanjang Jalan H Rais A Rahman (Sui Jawi) Kota Pontianak. *Jurnal Edukasi*. 14(1):143–155.