

Optimasi Pengaturan Lalu-lintas Jalan Raya Gedangan dengan Penerapan Algoritma Pewarnaan Graf

Viktor Sagala¹, Fadila Mekar Sari²

^{1,2} Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) Universitas Dr. Soetomo Surabaya

viktor.sagala@unitomo.ac.id

fadilams33@gmail.com

Abstrak

Tujuan penulisan ini adalah untuk mendeskripsikan hasil optimasi pengaturan lalu lintas dengan menerapkan algoritma pewarnaan, untuk mendapatkan bilangan khromatik graf. Optimasi perlu dilakukan mengingat pengaturan lalu lintas di simpang empat Jalan Raya Gedangan masih kerap terlihat kemacetan dan kredit pada waktu sibuk, akibat dari kebijakan membiarkan arus *incompatible*. Penerapan algoritma pewarnaan Welch-Powel untuk menentukan bilangan kromatik graf dapat memberi alternatif penyelesaian masalah itu. Setelah arus-arus lalu lintas ditransformasi menjadi model graf, kemudian dilakukan pewarnaan titik graf, dan dihitung bilangan kromatiknya. Bilangan kromatik graf model adalah 4, sehingga ada perubahan penjadwalan arus yang diperbolehkan berjalan bersamaan. Setelah itu dilakukan simulasi perubahan durasi lampu merah dan hijau. Meskipun ada pengurangan durasi lampu hijau dan penambahan durasi lampu merah, namun penghilangan arus *incompatible* dapat meminimalisir kemungkinan kredit.

Kata kunci : arus *incompatible*, bilangan kromatik graf, optimasi pengaturan lalu lintas

Abstract

The purpose of this paper is to describe the results of optimization of traffic settings by applying the coloring algorithm, to obtain the chromatic number of graph. Optimization needs to be done considering the traffic arrangement at intersection Four Gedangan Highway, still often seen jam and crowded at busy time, that a result of the policy to allow incompatible flows. Application of Welch-Powel coloring algorithm, to obtain the chromatic number can provide alternative solution to the problem. After the traffic flows are transformed into the graph models, then the vertices coloring is done, and the chromatic numbers are calculated. The chromatic number of the model graph is 4, so that any flow scheduling changes are allowed to run simultaneously. After that, the simulation of red and green light duration is changed. Although there is a reduction in the duration of the green light and the addition of red light duration, but the removal of incompatible flows can minimize the possibility of crowded.

Keywords: incompatible flow, chromatic graph number, optimization of traffic settings

1 Pendahuluan

Teori lalu lintas adalah fenomena fisik yang bertujuan memahami dan meningkatkan lalu lintas mobil, masalah yang terkait dengan itu seperti kemacetan lalu lintas [1]. Menurut Penjelasan UU Lalu Lintas No. 14 tahun 1992 pasal 8 ayat 1 huruf C menyebutkan bahwa pengertian alat pemberi isyarat lalu lintas adalah peralatan teknis berupa isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan bunyi untuk memberi peringatan atau mengatur lalu lintas orang atau kendaraan di persimpangan, persilangan sebidang ataupun pada arus jalan. Lampu lalu lintas (*traffic light*) menandakan waktu kendaraan harus berjalan dan berhenti secara bergantian dari berbagai arah. Lampu lalu lintas yang tersedia di persimpangan jalan mempunyai beberapa tujuan antara lain menghindari hambatan karena adanya perbedaan arus jalan bagi pergerakan kendaraan, memfasilitasi pejalan kaki agar dapat menyeberang dengan aman dan mengurangi tingkat kecelakaan yang diakibatkan oleh tabrakan karena perbedaan arus jalan, karena fungsi lampu lalu lintas sangat penting maka dibutuhkan pengendalian dan pengontrolan dengan mudah sehingga dapat memperlancar lalu lintas di persimpangan.

Menurut pengamatan secara umum [2], masih ada beberapa pengaturan lalu lintas pada saat ini yang masih kurang optimal, yaitu masih kerap ditemui lampu lalu lintas dengan durasi lampu merah dan hijau yang kurang proporsional, sehingga mengakibatkan antrian panjang dan kemacetan lalu lintas. Beberapa faktor yang menyebabkan kemacetan lalu lintas antara lain adanya arus *incompatible*, volume kendaraan, kapasitas jalan, jenis kendaraan, perilaku manusia pemakai jalan .

Menurut [3], salah satu faktor lain yang mempengaruhi kemacetan jalan adalah parkir *on street*. Kondisi tersebut menjadikan volume yang digunakan badan jalan tidak bisa menampung jumlah kendaraan yang melintas, sehingga terjadi penumpukan kendaraan khususnya pada saat jam puncak (*peak hour*). Dengan mengetahui hal tersebut maka didapatkan perhitungan kapasitas jalan yang mampu menerima volume kendaraan tanpa dan dengan menggunakan badan jalan, sehingga didapatkan perbedaan yang bisa digunakan untuk mengetahui besaran nilai yang mempengaruhi intensitas pelayanan jalan. Pada sasaran terakhir yaitu untuk penanganan kemacetan di wilayah studi dilakukan beberapa tahap berdasarkan analisis sebelumnya yaitu penentuan tingkat pelayanan jalan yang besarnya lebih dari angka ideal. Dengan mengurangi angka tersebut dengan angka ideal (0,8 – 0,9) diperoleh angka yang harus diturunkan. Artinya perlu adanya pengendalian kegiatan guna menurunkan pengaruhnya terhadap tingkat pelayanan jalan. Apabila hasilnya belum mencukupi, maka perlu dilakukan pengendalian terhadap pemanfaatan ruang manfaat jalan seoptimal mungkin, yaitu dengan

melakukan pengendalian perparkiran di jalan. Dengan melakukan pelarangan adanya parkir di jalan, konsekuensinya perlu penyelenggaraan ruang parkir sesuai dengan volume besaran bangkitan kegiatan. Apabila tidak dimungkinkan adanya ruang parkir, maka perlu dilakukan pengendalian jumlah kendaraan yang melintas. Dimana beberapa jenis kendaraan yang memiliki lebar kendaraan yang besar seperti truk, *pick up*, bus diberikan waktu khusus untuk berinteraksi di koridor jalan. Pengaturan seperti ini juga diperlukan di Jalan Raya Gedangan, karena sekitar persimpangan masih ada perparkiran yang menggunakan badan jalan.

Pengaturan lalu lintas di simpang empat Jalan Raya Gedangan Sidoarjo terlihat kurang optimal, diantaranya durasi lampu hijau yang singkat dan adanya arus *uncompatible* yang mengakibatkan antrian terlalu panjang dan terjadi kemacetan lalu lintas. Pada Gambar 1 berikut disajikan denah lokasi yang dimaksud.



Gambar 1 Denah Lalu lintas Simpang empat Jalan Raya Gedangan

Spesifikasi simpang 4 jalan raya Gedangan tertera pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Simpang 4 Raya Gedangan

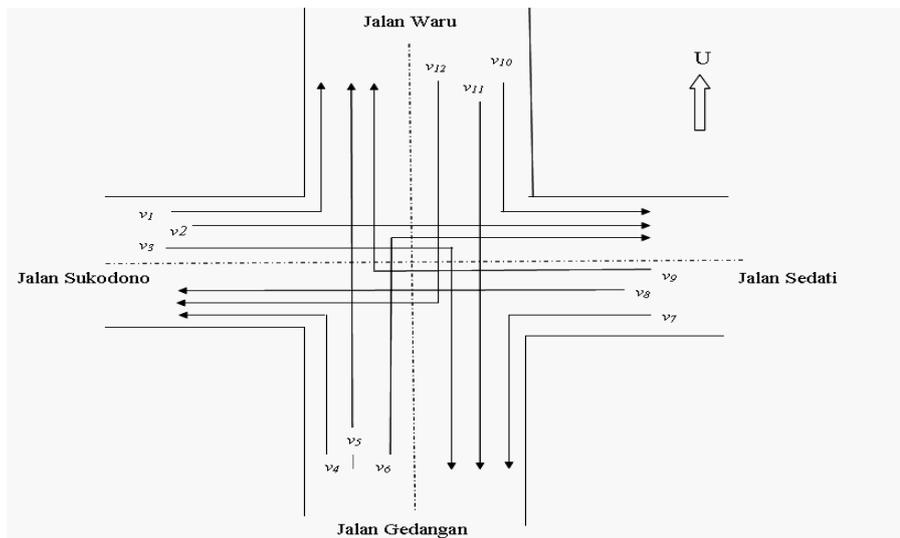
Keterangan	Spesifikasi
Type	4/2 D
Status Pembinaan	Nasional
Fungsi jalan	Arteri Primer
Lebar jalan	14.3 meter
Lebar efektif	Kanan 7.15 meter, kiri 7.15 meter
Lebar bahu jalan	Kiri 0.9 meter, kanan 1.5 meter

Bahu jalan efektif kanan	0.5 meter
Bahu jalan efektif kiri	0.5 meter
Pemisah Arah	50-50
Volume	378 smp per jam
Hambatan samping	<i>Very high</i>

Keterangan :

Smp = satuan mobil penumpang

Untuk memudahkan pengamatan, denah diatas ditransformasi menjadi rangkaian arus lalu lintas pada Gambar 2.



Gambar 2 Transformasi lajur kendaraan Simpang 4 Raya Gedangan

Arus *incompatible* adalah dua atau lebih arus yang dibiarkan berjalan bersama meskipun berpotensi mengakibatkan kerumunan dan perebutan (*crowded*) [3]. Contoh arus *incompatible* pada kasus di atas adalah arus v_3 berjalan bersamaan dengan v_4 namun kenyataan itu terjadi di lapangan. Menurut pengamatan yang dilakukan arus v_3 dilewati 20 kendaraan v_8 dilewati 45 kendaraan, artinya ada 65 kendaraan yang berjalan bersamaan dan saling berebut mencari jalan, hal ini menyebabkan durasi lampu hijau yang ditetapkan oleh Dinas Perhubungan tidak dapat diterima dengan baik oleh pengendara [3].

Permasalahan arus lalu lintas ini dapat dioptimasi dengan menerapkan Algoritma Welch-Powel dan Bilangan Kromatik [4], [5]. Untuk menerapkan algoritma tersebut, terlebih dahulu dilakukan pemodelan arus lalu lintas menjadi gambar graf, menerapkan algoritma Welch-Powel,

melakukan pewarnaan titik graf, menentukan bilangan kromatik, menghitung durasi lampu hijau-merah.

Penerapan algoritma Welch-Powell ini sudah dilakukan oleh Purnamasari dkk [6] untuk mengoptimalkan lalu lintas di simpang empat Kalimas Bekasi Timur, digunakan juga Susiloputro [7] untuk penjadwalan ujian, kemudian digunakan juga oleh Meiliana dan Maryono [8] untuk optimalisasi pengaturan *traffic light* di Sukoharjo. Sementara itu Riwinoto dan Isal [9] juga melakukan optimalisasi pengaturan lalu lintas di kota Depok, namun menggunakan Algoritma yang berbeda yaitu Algoritma Greedy. Teori graf yang diterapkan untuk melakukan optimalisasi adalah pewarnaan graf dan bilangan kromatik. Menurut Budayasa [5] ada dua macam pewarnaan graph (*graph colouring*), yaitu pewarnaan titik (*vertex*) dan pewarnaan sisi (*edge*). Misal G sebuah graf. Sebuah pewarnaan k dari G adalah perwarnaan semua titik G yang berhubungan langsung (bertetangga) [4] mendapat warna yang berbeda. Banyaknya warna minimum yang digunakan untuk mewarnai titik pada sebuah graf disebut bilangan kromatik [5]. Setiawan [10] menerapkan Algoritma Welch-Powell untuk optimalisasi pengaturan *Traffic Light* di menemukan juga bahwa kemacetan yang sering terjadi selama perjalanan, sering mengganggu kegiatan sehari-hari. Hasil perhitungan untuk persimpangan Jerakah tidak lebih efektif dari data primer karena pada persimpangan tersebut sudah memiliki perhitungan paling efektif yang telah dibuat oleh Dishub Kota Semarang dan perhitungan untuk persimpangan STIKES Tlogorejo menghasilkan efektivitas yang lebih baik dari data primer. Selain itu Hutabarat [11] melakukan implementasi pewarnaan graf dalam pemetaan daerah Kabupaten Serdang Bedagai. As'ad [12] juga mengaplikasikan pewarnaan graf pada pemecahan masalah penyusunan jadwal. Faisal [13] juga menerapkan teknik pewarnaan graf untuk menentukan rute perjalanan dengan penerapan algoritman Greedy. Nugroho [14] melakukan analisis penerapan belok kiri langsung terhadap tundaan lalu lintas pada pendekat Persimpangan bersinyal. Penelitian ini dikhususkan pada penerapan algoritma Welch-Powel dan bilangan khromatik untuk optimalisasi pengaturan lalu lintas di simpang empat jalan raya Gedangan Sidoarjo.

2 Metode Penelitian

Pendekatan penelitian yang diterapkan adalah kombinasi kualitatif dan kuantitatif. Pengamatan kuantitatif menyangkut jumlah kendaraan yang melintas dalam kurun waktu tertentu. Pengamatan yang dilakukan bukan hanya menyangkut numerik (angka-angka) tetapi dikaitkan juga dengan aspek kemacetan, kelancaran lalu-lintas dan perilaku pengendara yang kualitatif. Apabila dibandingkan dengan ciri penelitian kualitatif yang dimaksud oleh Moleong [13], [15],

penelitian ini memenuhi sebagai penelitian kualitatif, karena pertama: mempelajari perilaku berkendara yang merupakan bagian penting kehidupan masyarakat dan dalam kondisi dunia nyata, kedua: mewakili pandangan dan aspirasi masyarakat (khususnya pengendara), ketiga: meliputi kondisi kontekstual masyarakat yaitu pengguna jalan, keempat: menyumbangkan wawasan tentang optimasi pengaturan lalu lintas yang membantu menjelaskan perilaku sosial manusia pengguna jalan raya, dan kelima : menggunakan lebih dari satu sumber bukti, yaitu data tertulis, data lisan hasil wawancara, data hasil pengamatan dan dokumentasi.

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah :

- a. Mengumpulkan data dokumentasi dari Dinas Perhubungan,
- b. Melakukan pengamatan/obsevasi arus lalu lintas pada waktu padat 06.30 - 07.30 , 09.30 - 11.30 dan 16.30 - 17.30 di lokasi penelitian, Simpang 4 Raya Gedangan,
- c. Mengumpulkan data arus lalu lintas
- d. Memodelkan arus lalu lintas simpang 4 Raya Gedangan
- e. Menerapkan algoritma Welch-Powel untuk menganalisis data model
- f. Melakukan pewarnaan titik graf dan menghitung bilangan khromatik
- g. Menghubungkan hasil algoritma dan bilangan khromatik graf
- h. Menyimpulkan hasil analisis

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Penyajian Data

Data durasi lampu menurut penetapan Dinas Perhubungan disajikan pada Tabel 2:

Tabel 2 Data Durasi Waktu Pertukaran Warna Lampu Simpang 4 Raya Gedangan

No	Lengan Pendekat	Eksisting (Dua Fase)						
		Red	Green	IG	All Red	Cycle Time	Delay Traffic	Queue Lenght
1	Lengan Utara (Waru)	43	100	5	2	135	420.85	315.5
2	Lengan Selatan (Sidoarjo)	43	95	5	2	135	767.48	138.8
3	Lengan Timur (Sedati)	105	25	5	2	135	1029.4	364.2
4	Lengan Barat (Sukodono)	105	25	5	2	135	315.78	70.7

Sumber : Dinas Pehubungan Jawa Timur

Sesuai dengan Gambar 2, berikut disajikan data volume kendaraan arus lalu yang diamati pada waktu padat.

Tabel 3 Volume rata-rata kendaraan tiap jalur lalu lintas pada waktu jam sibuk 06.30-07.30

Jalur	Arus	Volume Kendaraan (Rata-rata)
arus dari Sukodono menuju Waru	v_1	15
arus dari Sukodono menuju Sedati	v_2	50
arus dari Sukodono menuju Gedangan	v_3	20
arus dari Gedangan menuju Sukodono	v_4	15
arus dari Gedangan menuju Waru	v_5	100
arus dari Gedangan menuju Sedati	v_6	15
arus dari Sedati menuju Gedangan	v_7	15
arus dari Sedati menuju Sukodono	v_8	45
arus dari Sedati menuju Waru	v_9	50
arus dari Waru menuju Sedati	v_{10}	15
arus dari Waru menuju Gedangan	v_{11}	100
arus dari Waru menuju Sukodono	v_{12}	25

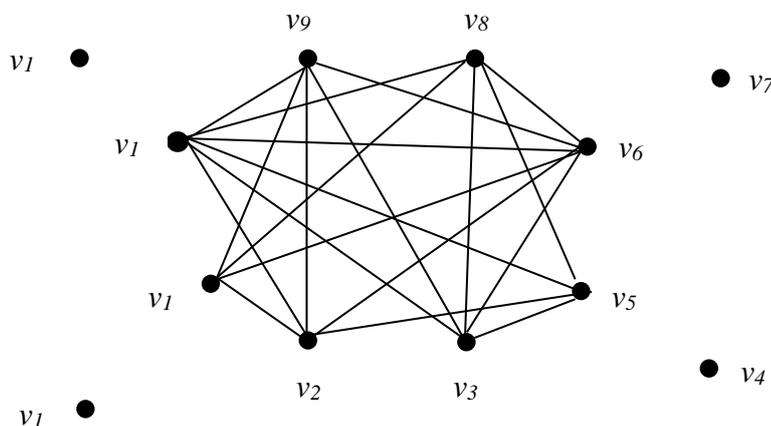
selama durasi lampu hijau (Observasi Senin-Jumat, 8-12 Mei 2017).

3.2 Analisis Data

Arus-arus yang *incompatible* (tidak boleh berjalan bersamaan) adalah

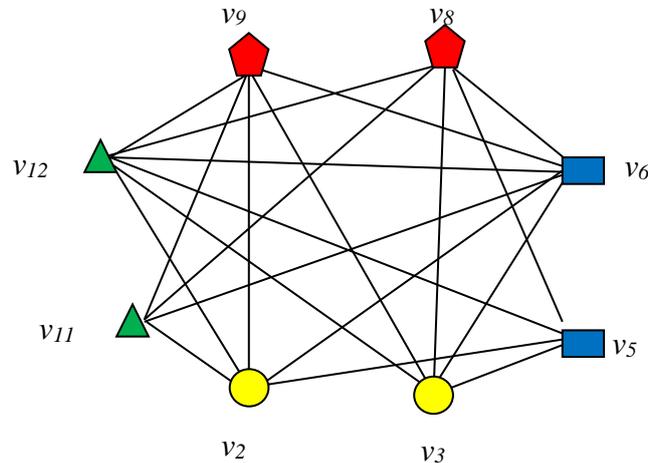
- Arus v_2 dengan $v_5, v_6, v_9, v_{11}, v_{12}$
- Arus v_5 dengan $v_2, v_3, v_8, v_9, v_{12}$
- Arus v_3 dengan $v_5, v_6, v_8, v_9, v_{11}, v_{12}$
- Arus v_6 dengan $v_2, v_3, v_8, v_9, v_{11}, v_{12}$
- Arus v_8 dengan $v_3, v_5, v_6, v_{11}, v_{12}$
- Arus v_{11} dengan v_2, v_3, v_6, v_8, v_9
- Arus v_9 dengan $v_2, v_3, v_5, v_6, v_{11}, v_{12}$
- Arus v_{12} dengan $v_2, v_3, v_5, v_6, v_8, v_9$

Selanjutnya masalah arus lalu lintas dimodelkan menjadi graf dengan ketentuan, arus digambarkan sebagai titik, adanya arus *incompatible* sisi graf [3]. Sehingga diperoleh graf Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3 Graf model permasalahan arus lalu lintas simpang 4 Raya Gedangan

Kemudian titik graf ini diberi warna dengan prinsip dua titik yang berhubungan langsung [5] atau bertetangga [4] harus diberi warna yang berbeda. Selanjutnya menghitung bilangan kromatik, yaitu minimal banyaknya warna titik graf [4], [5]. Salah satu hasil pewarnaan graf diatas adalah seperti Gambar 4. Bilangan kromatik diperoleh dari hasil pewarnaan tersebut [3].



Gambar 4 Pewarnaan graf model Arus Lalulintas Simpang 4 Raya Gedangan

Berdasarkan Gambar 4, bilangan kromatik graf adalah 4, terlihat bahwa warna-1(kuning) adalah v_2 dan v_3 , warna-2(biru) adalah v_5 dan v_6 , warna-3 (merah) adalah v_8 dan v_9 , warna-4 (hijau) adalah v_{11} dan v_{12} , artinya arus lalu lintas yang diperbolehkan berjalan bersamaan adalah

- i) arus dari Sukodono menuju Sedati bersamaan dengan arus dari Sukodono menuju Gedangan Sidoarjo
- ii) arus dari Gedangan menuju Waru bersamaan dengan arus dari Gedangan menuju Sedati
- iii) arus dari Sedati menuju Sukodono bersamaan dengan arus dari Sedati menuju Waru
- iv) arus dari Waru menuju Sukodono bersamaan dengan arus dari Waru menuju Gedangan Sidoarjo

Berdasarkan data yang telah diperoleh di lapangan setelah melakukan observasi pada waktu sibuk, jika arus *incompatible* diperbolehkan berjalan bersamaan maka akan terjadi kredit (masalah). Contohnya arus Sukodono menuju Gedangan Sidoarjo dilalui 20 kendaraan dan arus Sedati menuju Sukodono dilalui 45 kendaraan, maka akan terjadi perebutan oleh 65 kendaraan pada waktu kurun waktu yang bersamaan. Hal ini akan mengakibatkan kredit, macet, antrian kendaraan yang panjang. Dengan perhitungan Algoritma Welch Powell diperoleh usulan data baru dengan mengatur lajur menjadi 4, durasi lampu merah akan bertambah menjadi 101 detik dan durasi lampu hijau berkurang menjadi 34 detik, tetapi arus *incompatible* (tidak boleh berjalan bersamaan) tidak terjadi lagi, sehingga mengurangi kemacetan akibat kerumunan (*crowded*). Berikut ini data durasi baru yang diusulkan.

Tabel 4 Usulan durasi baru lampu hijau-merah Simpang 4 Raya Gedangan

Kaki Simpang	Data Sekunder Dinas Perhub		Usulan Baru	
	Merah	Hijau	Merah	Hijau
Utara	43	100	101	34
Timur	43	95	101	34
Selatan	105	25	101	34
Barat	105	25	101	34
Total	296	245	404	136

4 Simpulan

Permasalahan kemacetan dan antrian panjang di simpang empat Jalan Raya Gedangan dapat diatasi dengan prinsip optimasi dengan menerapkan Algoritma Welch Powel untuk menentukan bilangan khromatik graf. Setelah melakukan analisis diperoleh kesimpulan bahwa optimasi dapat diperoleh dengan cara menghilangkan arus *incompatible*, kemudian mengubah durasi lampu hijau dan merah. Pengaturan ini mengakibatkan adanya pengurangan durasi lampu hijau dan menambah durasi lampu merah, namun tidak ada arus *incompatible*.

5. Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada Pimpinan Dinas Perhubungan Jawa Timur.

6 DaftarPustaka

- [1] A. K. Baruah, "Clique Matrix of a Graph in Traffic Control Problems," vol. 53, no. 6, pp. 41–45, 2012.
- [2] F. Mekarsari, "Penerapan Teori Graph pada Persimpangan Jalan Raya Gedangan Menggunakan Algoritma Welch-Powell untuk Optimalisasi Pengaturan Traffic Light," Universitas Dr. Soetomo Surabaya, 2017.
- [3] S. Fajar Fitra Anugra, "Penanganan Kemacetan Lalu Lintas di Koridor Jalan Kramat Gantung , Surabaya," vol. 3, no. 1, pp. 1–4, 2014.
- [4] R. Munir, *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika, 2005.
- [5] I. K. Budiayasa, *Teori Graph dan Aplikasinya*. Surabaya: Unesa University Press, 2006.
- [6] D. W. A. . Detty Purnamasari, Muhammad Zidni Ilman, "Algoritma Welch-Powell untuk Pengendalian Lampu Lalu Lintas," *Univ. Gunadarma*, vol. 6 No. 03, pp. 1–7, 2012.
- [7] P. Untuk and O. Pengaturan, "Menggunakan Algoritma Welsh-," 2015.

-
- [8] C. H. Meiliana, D. Maryono, K. V Fkip, and J. Ahmad, "Aplikasi pewarnaan graf untuk optimalisasi pengaturan," vol. VII, no. 1, 2014.
- [9] U. Indonesia, "Simulasi optimasi pengaturan lampu lalu lintas di kota Depok menggunakan pendekatan greedy berbasis graf," pp. 223–228, 2010.
- [10] D. A. Setiawan, "Penerapan Graph pada Persimpangan menggunakan Algoritma Welch Powell untuk Optimalisasi Pengaturan Traffic Light," *UNNES J. Math.*, pp. 145–152, 2016.
- [11] V. Hutabarat, "Implementasi Graph Coloring Dalam Pemetaan Daerah Kabupaten Serdang Bedagai," 2009.
- [12] N. As'ad, "Aplikasi Pewarnaan Graf pada Pemecahan Masalah Penyusunan Jadwal," <http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2008-2009/Makalah2008/Makalah0809-038.pdf>, vol. 38, pp. 1–6, 2008.
- [13] Faisal, "Teknik Menentukan Perjalanan pada Masalah Persimpangan dengan Menggunakan Metode Greedy Coloring," *J. Penelit. Ilmu Komputer, Syst. Embed. Log.*, vol. 1, pp. 43–46, 2013.
- [14] D. A. Nugroho, "Analisis Penerapan Belok Kiri Langsung Terhadap Tundaan Lalu Lintas Pada Pendekat Persimpangan Bersinyal," *Univ. Diponegoro*, 2008.
- [15] Sugyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2005.