



OPTIMASI WAKTU TUNGGU LAMPU LALU LINTAS PADA SIMPANG LIMA KRIAN-SIDOARJO MENGGUNAKAN ALGORITMA *WELCH-POWELL*

Wika Dianita Utami^{1*}, Ahmad Naufal DS², Putroue Keumala Intan³
Program Studi Matematika UIN Sunan Ampel Surabaya^{1,2,3}
wikadianita@uinsby.ac.id^{1*}, naufaldzaky38@gmail.com², putroue@uinsby.ac.id³

Abstrak – Simpang Lima Krian-Sidoarjo merupakan simpang lima dengan arah tujuan adalah Mojokerto, Wonoayu, Legundi, Pacet dan Sidoarjo sehingga pada simpang tersebut sering terjadi kemacetan. Sehingga membutuhkan beberapa solusi, salah satunya adalah optimasi waktu tunggu lampu lalu lintas. Simpang Lima Krian-Sidoarjo dapat direpresentasikan dalam sebuah graf, dengan simpul menyatakan jalur yang dapat dilewati dalam persimpangan dan sisi menyatakan hubungan dua simpul yang saling melintas atau bersebrangan. Pada penelitian ini, digunakan metode pewarnaan graf yaitu pewarnaan simpul menggunakan Algoritma *Welch-Powell* untuk menentukan durasi yang optimum pada waktu tunggu lampu lalu lintas di Simpang Lima Krian-Sidoarjo. Berdasarkan hasil pewarnaan simpul diperoleh 5 bilangan kromatik. Hasil optimasi waktu tunggu lampu lalu lintas yaitu durasi lampu merah pada ruas simpang arah Mojokerto efektif jika mengalami penurunan dan tidak efektif jika durasi pada lampu hijau bertambah, durasi lampu merah pada ruas simpang arah Wonoayu, Legundi, Pacet, Sidoarjo tidak efektif jika mengalami kenaikan dan efektif jika durasi pada lampu hijau mengalami penurunan. Penyelesaian optimasi waktu tunggu lampu lalu lintas menggunakan pewarnaan simpul Algoritma *Welch-Powell* memberikan keefektifan hingga 13.63%.

Kata Kunci – *Welch-Powell*, Pewarnaan Graf, Lampu Lalu Lintas

I. PENDAHULUAN

Alat transportasi merupakan kebutuhan manusia untuk mendukung kegiatan sehari-hari. Semakin berkembangnya zaman, manusia lebih memilih menggunakan alat transportasi pribadi, seperti motor dan mobil,

untuk menunjang kegiatan sehari-hari. Selain itu, dengan didukung perkembangan teknologi menyebabkan produksi kendaraan bermotor diproduksi secara massal. Hal tersebut, menyebabkan jalanan dipadati oleh manusia dan kendaraan bermotor sehingga jalanan rawan akan kemacetan.

Kemacetan, khususnya di kota-kota besar di Indonesia, menimbulkan adanya aturan pada lalu lintas, seperti halnya pengaturan waktu tunggu lampu lalu lintas (yaitu waktu lampu merah dan lampu hijau) dan rambu-rambu di sekitar lampu lalu lintas. Pada saat ini beberapa lampu lintas pada persimpangan jalan memiliki fitur lampu *LED* yang dapat menunjukkan durasi waktu yang harus ditunggu. Akan tetapi meskipun memiliki fitur lampu *LED*, terkadang durasi lampu lalu lintas yang telah diatur kurang optimal. Kasus yang sering terjadi pada durasi waktu tunggu lampu lalu lintas adalah durasi lampu merah yang lama dan lampu hijau yang singkat. Lamanya durasi lampu merah menyebabkan antrian kendaraan pada persempangan jalan.

Secara matematis, permasalahan terkait lalu lintas dapat diselesaikan dengan teori graf. Teori graf dapat merepresentasikan persimpangan jalan dalam bentuk graf. Simpul graf merepresentasikan jalur yang dapat dilewati dalam persimpangan. Sisi graf merepresentasikan hubungan dua simpul yang saling melintas atau bersebrangan. Penelitian [1] menggunakan graf kompatibel untuk menentukan waktu tunggu yang

optimal pada lampu lalu lintas I-Dinas Perhubungan dan LLAJ - Jl. Ahmad Yani Surabaya. Penelitian [2], [3], [4] menggunakan metode pewarnaan graf yaitu pewarnaan simpul sebagai solusi untuk permasalahan lalu lintas.

Pada [3] menggunakan Algoritma *Welch-Powell* untuk menyelesaikan pembuatan jalur angkot di Tasikmalaya. Pada [4] menggunakan Algoritma *Welch-Powell* untuk menyelesaikan permasalahan lalu lintas di Yogyakarta. Pewarnaan simpul dengan Algoritma *Welch-Powell* dapat diaplikasikan untuk menyelesaikan perhitungan durasi waktu pada *traffic light*. Langkah yang ditempuh yaitu dengan mentransformasi persimpangan jalan beserta arusnya ke bentuk graf. Simpul merepresentasikan arus dan sisi merepresentasikan arus-arus yang *uncompatible*. Selanjutnya mewarnai simpul pada graf dengan Algoritma *Welch-Powell* untuk mengetahui arus yang dapat berjalan bersamaan dan memperoleh bilangan kromatik yang berfungsi untuk menentukan alternatif penyelesaian durasi waktu *traffic light*. Hasil yang diperoleh bahwa durasi waktu pada *traffic light* memberikan alternatif hasil yang lebih efektif hingga 78.64% dengan 5 bilangan kromatik.

Simpang Lima Krian-Sidoarjo merupakan simpang lima yang arah tujuannya adalah Mojokerto, Wonoayu, Legundi, Pacet dan Sidoarjo, serta memiliki akses yang baik dalam mendukung perekonomian wilayah Jawa Timur. Selain itu, fakta bahwa pada Simpang Lima Krian-Sidoarjo juga dilewati oleh kendaraan berat. Sehingga sering terjadi kemacetan pada Simpang Lima Krian-Sidoarjo. Berdasarkan sumber data dari Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur diperoleh bahwa volume lalu lintas tahun 2011 yang melintas adalah 8722 kendaraan setiap harinya sedangkan kapasitasnya hanya mampu menampung 5540 kendaraan [9]. Ketidakmampuan simpang inilah yang akhirnya menyebabkan antrian yang cukup panjang dan memerlukan penanganan penyelesaian permasalahan. Permasalahan sederhana yang dapat diselesaikan adalah

terkait dengan waktu tunggu lampu lalu lintas. Sehingga pada penelitian ini akan menggunakan Algoritma *Welch-Powell* untuk menentukan optimasi waktu tunggu lalu lintas pada Simpang Lima Krian-Sidoarjo.

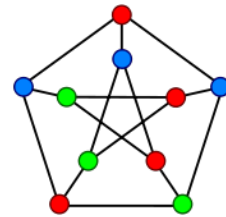
II. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pewarnaan Graf

Graf G adalah pasangan himpunan (V, E) , dimana V adalah himpunan semua *vertex* atau simpul dan E adalah himpunan semua *edges* atau sisi yang menghubungkan sepasang *vertex*. Pewarnaan pada graf ada 3 macam yaitu pewarnaan simpul, pewarnaan sisi dan pewarnaan bidang [5].

a. Pewarnaan Simpul

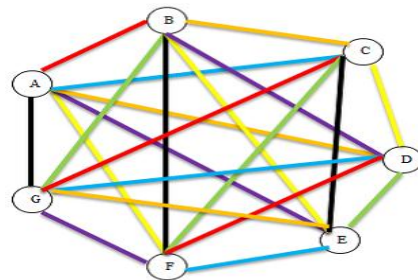
Pewarnaan simpul adalah pemberian warna pada simpul-simpul suatu graf sedemikian hingga tidak adanya dua simpul yang terhubung langsung yang memiliki warna yang sama.



Gambar 1: Pewarnaan Simpul

b. Pewarnaan Sisi

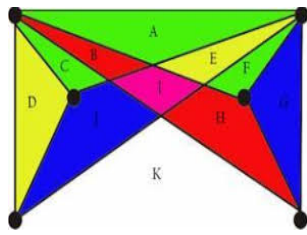
Pewarnaan sisi pada suatu graf dapat dilakukan dengan memberi warna untuk suatu sisi- k pada graf G dengan sebagian warna dari k maupun seluruh warna untuk mewarnai seluruh sisi dari graf G sehingga setiap pasang sisi memiliki simpul persekutuan yang memiliki warna yang berbeda-beda.



Gambar 2: Pewarnaan Sisi

c. Pewarnaan Bidang

Pewarnaan bidang adalah pewarnaan yang berfokus pewarnaannya terhadap bidang sehingga tidak ada bidang yang bertetangga memiliki warna yang sama. Pewarnaan pada bidang dapat dilakukan dengan cara mengubah graf menjadi graf planar terlebih dahulu sehingga dapat dilakukan pewarnaan pada bidang, graf planar dapat dikatakan sebagai graf yang digambarkan pada bidang datar dengan sisi-sisi yang tidak saling bersilangan.



Gambar 3: Pewarnaan Bidang

B. Algoritma Welch-Powell

Algoritma *Welch-Powell* digunakan untuk mewarnai simpul pada suatu graf yang berdasarkan derajat tertinggi dari simpul-simpulnya. Langkah-langkah Algoritma *Welch-Powell* sebagai berikut:

1. Mengurutkan simpul-simpul pada graf G dalam derajat yang menurun.
2. Gunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama yang memiliki derajat paling tinggi dan simpul-simpul lain dalam urutan yang tidak bertetangga dengan simpul pertama.
3. Mulai lagi dengan simpul derajat paling tinggi berikutnya di dalam daftar terurut yang belum diberi warna dan ulangi proses pewarnaan simpul dengan menggunakan warna kedua.
4. Mengulangi penambahan warna pada semua simpul yang telah diberi warna.

C. Data

Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu durasi lampu lalu lintas di Simpang Lima Krian-Sidoarjo yang dikumpulkan oleh peneliti pada tanggal 20 Oktober 2019 pukul 17.00 sampai 18.00 WIB yang bersumber dari Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur.

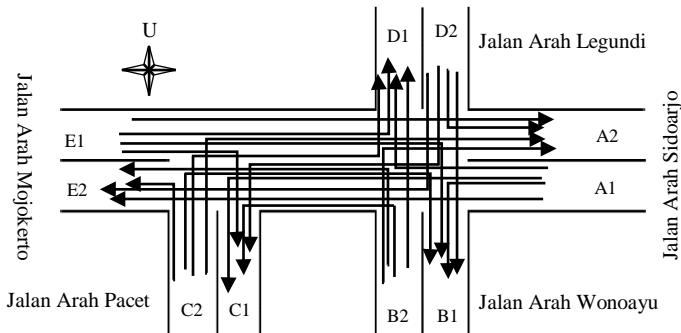
D. Optimasi Waktu Tunggu Lampu Lalu Lintas Menggunakan Algoritma Welch-Powell

Lampu lalu lintas yang berada di Simpang Lima Krian-Sidoarjo memiliki permasalahan yang perlu untuk dicarikan solusi, salah satu solusinya adalah optimasi waktu tunggu lampu lalu lintas (yaitu durasi lampu hijau dan lampu merah). Pewarnaan simpul diterapkan untuk menentukan durasi optimal lampu hijau dan lampu merah. Berikut langkah-langkah penerapan pewarnaan graf pada lampu lalu lintas di Simpang Lima Krian-Sidoarjo.

1. Menggambarkan struktur graf jalan Simpang Lima Krian-Sidoarjo dan pemetaan arus yang akan terjadi pada Simpang Lima Krian-Sidoarjo. Simpul merepresentasikan jalur yang dapat dilewati dalam persimpangan dan sisi merepresentasikan hubungan dua simpul yang saling melintas atau bersebrangan atau akan terjadi tabrakan jika lampu hijau menyala secara bersamaan.
2. Mewarnai setiap simpul pada graf dengan menggunakan Algoritma *Welch-Powell* untuk mengetahui arus mana saja yang dapat berjalan secara beriringan.
3. Memperoleh bilangan kromatik (jumlah warna minimum untuk mewarnai simpul pada graf dimana simpul yang *adjacent* diberi warna yang berbeda) yang digunakan untuk menentukan alternatif penyelesaian durasi lampu hijau dan lampu merah dengan siklus waktu tertentu. Caranya dengan membagi satu siklus yang terdiri dari total durasi lampu hijau dan lampu merah dengan bilangan kromatik. Hasil pembagiannya menunjukkan nyala durasi lampu hijau dan lampu merah baru.

Jalan Simpang Lima Krian-Sidoarjo diilustrasikan pada Gambar 4 dimana bagian utara merupakan jalur arah Legundi yang memiliki 2 jalur, bagian selatan yang pertama merupakan jalan arah Pacet yang memiliki 2 jalur, bagian selatan yang kedua merupakan jalan arah Wonoayu yang memiliki 2 jalur, bagian timur merupakan jalan arah kota Mojokerto yang memiliki 2 jalur, bagian barat

merupakan jalan arah kota Sidoarjo yang memiliki 2 jalur.



Gambar 4: Ilustrasi Simpang Lima Krian-Sidoarjo

Berdasarkan ilustrasi Gambar 4, diperoleh struktur graf dari Simpang Lima Krian-Sidoarjo yang disajikan pada Gambar 5. Dimana A, B, C, D, E yang dimaksud disajikan dalam tabel berikut.

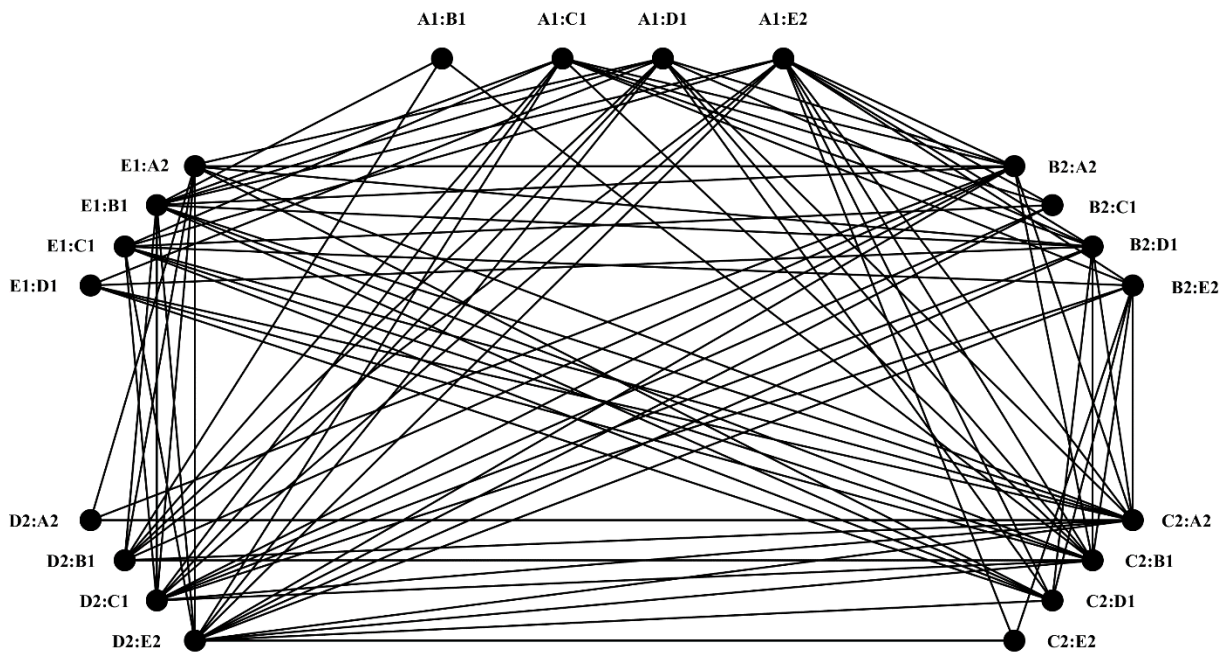
Tabel 1: Arus A, B, C, D, E

| | 1 | 2 |
|----------|-------------------|---------------------|
| A | Arah ke Mojokerto | Arah dari Mojokerto |
| B | Arah ke Wonoayu | Arah dari Wonoayu |
| C | Arah ke Pacet | Arah dari Pacet |
| D | Arah ke Legundi | Arah dari Legundi |
| E | Arah ke Sidoarjo | Arah dari Sidoarjo |

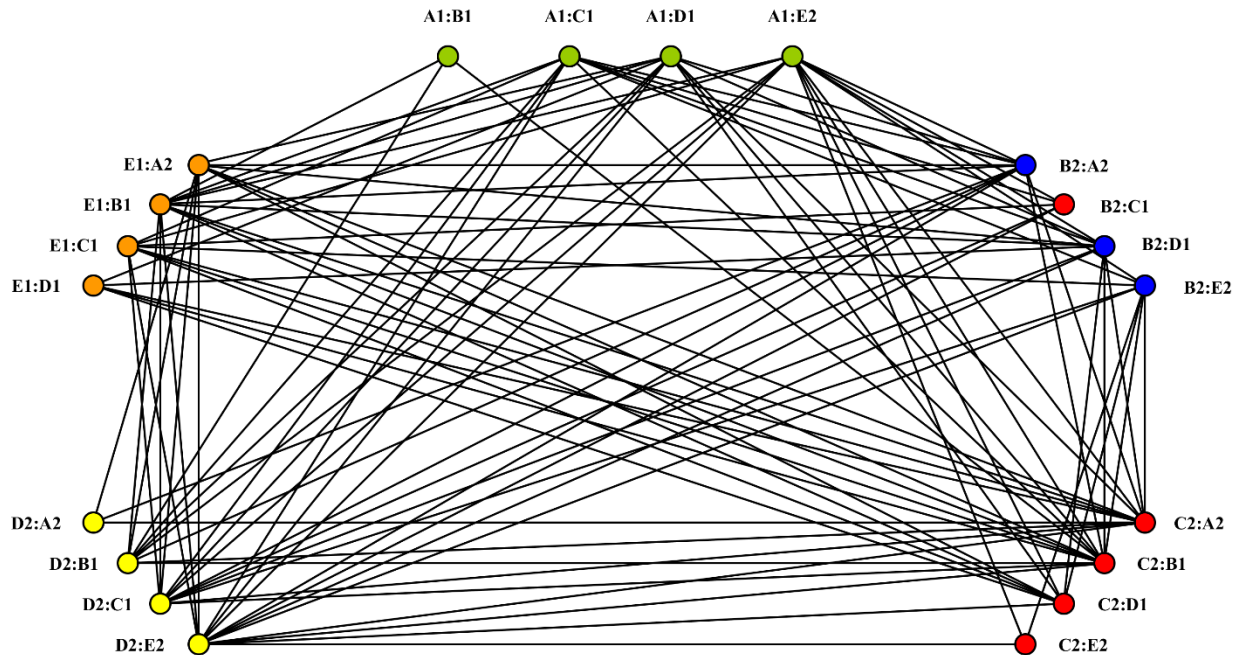
Berdasarkan Gambar 5 diperoleh bahwa simpul saling terhubung dengan simpul lain jika terdapat kemungkinan tabrakan jika lampu hijau menyala bersamaan pada tiap ruang Simpang Lima Krian Sidoarjo.

Tahap berikutnya adalah pewarnaan pada simpul dengan algoritma *Welch-Powell*. Pewarnaan simpul diperoleh pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6 diperoleh 5 bilangan kromatik. Berikut adalah beberapa kondisi jika arus berjalan bersama-sama pada hasil pewarnaan:

- Arus A1:B1, A1:C1, A1:D1 dan A1:E2 akan berjalan beriringan pada saat lampu lalu lintas berwarna hijau.
- Arus B2:A2, B2:C1, B2:D1 dan B2:E2 akan berjalan beriringan pada saat lampu lalu lintas berwarna hijau.
- Arus C2:A2, C2:B1, C2:D1 dan C2:E2 akan berjalan beriringan pada saat lampu lalu lintas berwarna hijau.
- Arus D2:A2, D2:B1, D2:C1 dan D2:E2 akan berjalan bersama sama ketika lampu berwarna hijau.
- Arus E1:A2, E1:B1, E1:C1 dan E1:D1 akan berjalan bersama ketika lampu lalu lintas berwarna hijau.



Gambar 5: Struktur Graf Simpang Lima Krian-Sidoarjo



Gambar 6: Hasil Pewarnaan Simpul Graf Simpang Lima Krian-Sidoarjo dengan Algoritma *Welch-Powell*

Selanjutnya, menentukan alternatif durasi lampu hijau dan lampu merah. Berikut data sekunder dari Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Timur pada Simpang Lima Krian-Sidoarjo.

Tabel 2: Durasi Lampu Lalu Lintas Simpang Lima Krian-Sidoarjo

| Ruas Jalan | Durasi (detik) | | Total |
|----------------|----------------|-------------|-------|
| | Lampu Hijau | Lampu Merah | |
| Arah Mojokerto | 20 | 90 | 110 |
| Arah Wonoayu | 23 | 87 | 110 |

Satu siklus lampu hijau dan lampu merah dari arah Mojokerto berdurasi 110 detik. Durasi 110 detik dibagi dengan bilangan kromatik $=5$ diperoleh hasil 22 detik, yang berarti durasi lampu hijau baru adalah 22 detik dan durasi lampu merah baru adalah 88 detik. Hasil yang sama untuk durasi lampu hijau dan lampu merah dari arah Wonoayu, Legundi, Pacet dan Sidoarjo.

Tingkat efektifitas durasi lampu hijau dan lampu merah baru dapat diukur dengan rasio, yaitu rasio antara selisih durasi lampu hijau/lampu merah lama dengan durasi lampu

hijau/ lampu merah baru hasil penyelesaian pewarnaan simpul dengan Algoritma *Welch-Powell* dan durasi lampu hijau/ lampu merah baru tersebut. Tingkat efektifitas pada arah Mojokerto yaitu untuk durasi lampu hijau $= \frac{20-22}{22} \times 100\% = -9.09\%$ dan untuk durasi lampu merah $= \frac{90-88}{88} \times 100\% = 12.5\%$. Hal tersebut berarti durasi lampu merah yang baru efektif dibandingkan durasi lampu merah lama. Akan tetapi, untuk durasi lampu hijau menunjukkan bahwa penyelesaian menggunakan pewarnaan simpul Algoritma *Welch-Powell* tidak lebih efektif dibandingkan data yang ada, Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh bahwa durasi lampu hijau dan lampu merah baru pada Simpang Lima Krian-Sidoarjo sebagai berikut:

1. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Mojokerto efektif jika mengalami penurunan selama 2 detik dan durasi pada lampu hijau tidak efektif jika bertambah selama 2 detik.
2. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Wonoayu tidak efektif jika mengalami kenaikan selama 1 detik dan durasi pada lampu hijau efektif jika mengalami penurunan selama 1 detik.

3. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Legundi tidak efektif jika mengalami kenaikan selama 1 detik dan durasi pada lampu hijau efektif jika mengalami penurunan selama 1 detik.
4. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Pacet tidak efektif jika mengalami kenaikan selama 3 detik dan durasi pada lampu hijau efektif jika mengalami penurunan selama 3 detik.
5. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Sidoarjo tidak efektif jika mengalami kenaikan selama 2 detik dan durasi pada lampu hijau efektif jika mengalami penurunan selama 2 detik.

III. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian adalah pewarnaan simpul menggunakan Algoritma *Welch-Powell* memberikan keefektifan hingga 13.63% pada optimasi waktu tunggu lampu lalu lintas di Simpang Lima Krian-Sidoarjo dengan bilangan kromatik yaitu 5. Dimana, durasi lampu merah pada ruas simpang arah Mojokerto efektif jika mengalami penurunan selama 2 detik dan durasi pada lampu hijau tidak efektif jika bertambah selama 2 detik. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Wonoayu tidak efektif jika mengalami kenaikan selama 1 detik dan durasi pada lampu hijau efektif jika mengalami penurunan selama 1 detik. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Legundi tidak efektif jika mengalami kenaikan selama 1 detik dan durasi pada lampu hijau efektif jika mengalami penurunan selama 1 detik. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Pacet tidak efektif jika mengalami kenaikan selama 3 detik dan durasi pada lampu hijau efektif jika mengalami penurunan selama 3 detik. Durasi lampu merah pada ruas simpang arah Sidoarjo tidak efektif jika mengalami kenaikan selama 2 detik dan durasi pada lampu hijau efektif jika mengalami penurunan selama 2 detik.

REFERENSI

- [1] A. Fanani, "Optimasi Waktu Tunggu Lampu Lalu Lintas Dengan Menggunakan Graf Kompatibel Sebagai Upaya Mengurangi Kemacetan," *Syst. Inf. Syst. Informatics J.*, vol. 2, no. 1, pp. 45–50, 2016, doi: 10.29080/systemic.v2i1.107.
- [2] R. Jaiswal and S. Rai, "Application of Fuzzy Graph Coloring in Traffic Light Problem," *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng.*, vol. 5, no. 5, pp. 6950–6956, 2016, doi: 10.15680/IJRSET.2016.0505047.
- [3] M. Kusmira and Taufiqurrochman, "Pemanfaatan Aplikasi Graf Pada Pembuatan Jalur Angkot 05 Tasikmalaya," 2017.
- [4] A. M. Soimah and N. S. M. Mussafi, "Pewarnaan Simpul Dengan Algoritma Welch-Powell Pada Traffic Light Di Yogyakarta," *J. Fourier*, vol. 2, no. 2, p. 73, 2013, doi: 10.14421/fourier.2013.22.73-79.
- [5] Rinaldi, M. *Matematika Diskrit*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. 2017
- [6] Ardiansyah, Efendi, F. S., Syaifullah, Pinto, M., Pujiyanto, & Tempake, H. S. Implementasi Algoritma Greedy untuk melakukan Graph Colouring : Studi kasus peta propinsi Jawa Timur. *Jurnal Informatika*, vol 4 no.2.2010
- [7] Farhan, M. *Aplikasi Graf Pada Pewarnaan Lalu Lintas*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. 2017
- [8] Muhib. *Bilangan Kromatik Pewarnaan titik pada Graf dual dari Graf Piramid*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. 2013
- [9] Susanti, A. *Evaluasi Kinerja Simpang Lima Krian Dan Upaya Penanganannya Di Kabupaten Sidoarjo*. *Rekayasa Teknik Sipil Vol 1 No. 1*. pp. 9 - 20. 2015