

IMPLEMENTASI ALGORITMA *WELCH-POWELL* TERHADAP PENGATURAN LALU LINTAS PERSIMPANGAN JALAN DALAM MENGATASI KEMACETAN

Rina Filia Sari¹, Hendra Cipta², Esto Fanny Munthe³

^{1,2,3}Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

rinafiliasari@uinsu.ac.id¹, hendracipta@uinsu.ac.id², fannymunthe03@gmail.com³

Abstract

The traffic is one of the problems that are often in big cities in Indonesia, where this also happened on Gatot Subroto Sei Sikambing street, Medan city. The traffic light is a tool that is made with the aim of being an assistant in regulating traffic so that it runs more orderly, but it has not been able to run optimally due to the determination of which traffic flow is green or red and also the duration of the traffic light. The solution that can be given to solve this problem is to use a welch-powell algorithm. The welch-powell algorithm is doing coloring activity by producing a chromatic number. This is study, the chromatic number obtained was 4 and the average duration of the red light has decreased by 15.27% or 116.51 seconds so that its negative and the average duration of the green light has increased by 53.81% or 119.63 seconds so its positive.

Keywords: Traffic, Traffic Light, Graph Coloring, Welch-Powell Algorithm, Chromatic Numbers

Abstrak

Kemacetan merupakan masalah yang kerap kali dihadapi kota besar yang ada di Indonesia, dimana hal ini juga terjadi di Jalan Gatot Subroto Sei Sikambing, Kota Medan. Lampu lalu lintas merupakan alat yang dibuat dengan tujuan sebagai pembantu dalam pengaturan lalu lintas agar berjalan lebih tertib, namun belum dapat berjalan secara optimal yang disebabkan oleh penentuan arus lalu lintas mana yang berwarna hijau maupun merah dan juga durasi dari lampu lalu lintas tersebut. Penelitian ini memberikan solusi dalam mengatasi masalah kemacetan yaitu dengan menerapkan algoritma *welch-powell*. Algoritma *Welch-Powell* merupakan kegiatan pewarnaan simpul dengan menghasilkan bilangan kromatik. Dalam penelitian ini bilangan kromatik yang diperoleh adalah 4 dan rata-rata durasi lampu merah mengalami penurunan sebesar 15,27% atau 116,51 detik sehingga bernilai negatif dan rata-rata durasi lampu hijau mengalami kenaikan sebesar 53,81% atau 119,63 detik sehingga bernilai positif.

Kata kunci: Lalu Lintas, Lampu Lalu Lintas, Pewarnaan Graf, Algoritma *Welch-Powell*, Bilangan Kromatik

Received: December 15, 2022 / Accepted: December 30, 2022 / Published Online: December 31, 2022

PENDAHULUAN

Fenomena yang sering dijumpai pada suatu persimpangan yaitu antara lain tetap melajukan kendaraan dan melanggar lalu lintas, saling memotong jalan, serta fenomena putar arah pada lalu lintas. Berdasarkan data BPS tahun 2019, kota Medan menempati jumlah penduduk sebesar 2.279.894 jiwa (Statistik 2019). Menurut Afandi (Afandi 2019), jumlah kendaraan bermotor mencapai hingga 2,7 juta unit. Hal ini mengakibatkan timbulnya kemacetan pada titik-titik tertentu dan waktu tertentu. Sehingga kota Medan merupakan salah satu kota yang masih memiliki masalah kemacetan yang cukup tinggi, terlebih pada jam-jam sibuk (Sembiring 2017).

Cabang ilmu matematika yang memiliki banyak manfaat salah satunya yaitu teori graf. Perwarnaan graf (*graph colouring*) merupakan kasus khusus pada kegiatan pelabelan graf. Pelabelan graf adalah kegiatan pemberian warna pada simpul (*vertex*), sisi (*edge*), dan wilayah (*region*) dengan batasan-batasan tertentu. Fungsi dari kegiatan pewarnaan ini yaitu sebagai penentu sirkulasi yang dapat berjalan secara beriringan atau tidak (Untuk and Pada 2020). Teori graf pertama kali digunakan pada tahun 1736 yaitu sebagai solusi masalah jembatan Konigsberg. Jembatan Konigsberg merupakan jembatan yang ada di kota Konigsberg yang berada disebelah timur negara bagian Prussia, Jerman. Kota Konigsberg berubah nama menjadi kota Kaliningrad, dengan aliran sungai Pregal yang bercabang dua dan mengelilingi pulau Kneiphof (Munir 2016).

Graf merupakan sepasang himpunan yang beranggotakan (V,E) dengan ketentuan, V = simpul yang merupakan himpunan tak kosong dan E = sisi yang mempertemukan antar dua simpul. Graf dinotasi $G = (V,E)$.(Aprilia 2020) Graf adalah sepasang himpunan yang merupakan himpunan tak kosong dengan anggota titik $V(G)$ dan sisi disebut E (Sulistiyorini 2018). Sedangkan graf adalah himpunan berpasangan dengan notasi $G=(V,E)$. Selain itu graf adalah pasangan himpunan tak kosong yang dimana beranggotakan titik-titik dan sebagai *edges* yang menghubungkan sepasang *vertice*.(Munir 2016) Graf adalah himpunan dengan notasi $G=(V(G),E(G))$ yang dengan 2 anggota himpunan berhingga yaitu: $V(G)$ merupakan simpul (*vertex*) dimana biasanya dinotasikan V sebagai himpunan tak kosong dan $E(G)$ adalah sisi (*edges*) yang mempertemukan dua simpul $V(\text{vertex})$ (Taneo 2019). Maka graf adalah himpunan tak kosong dengan anggota berpasangan titik $V(G)$ dan sisi E sebagai penghubung antara kedua titik dengan notasi $G=(V,E)$, dimana pada graf minimal memiliki satu titik (*edges*).

Graf terbagi atas 12 yaitu graf bertetangga, graf bersisian, derajat, *isolated vertex*, *null graph*, *path*, upagraf merentang, *connected*, *subgraph* dan komplemen upagraf, sirkuit, *cut-set*, *weighted graph* (Gani 2018). Sedangkan graf terbagi atas *simple graph* dan *unsimple graph*, kardinalitas graf, arah pada sisi graf. Graf berdasarkan ada tidaknya sisi ganda yaitu terdiri dari graf sederhana dan graf tak sederhana, graf berdasarkan jumlah simpul terdiri atas *limited graph* dan *unlimited graph*, dan graf berdasarkan arah pada sisi graf terdiri atas *directed graph* dan *undirected graph*.

Pewarnaan graf terbagi atas 3 yaitu *vertex colouring*, *edges colouring*, dan *region colouring*. Pewarnaan simpul (*vertex colouring*) kegiatan pewarnaan oleh setiap simpul graf dengan aturan tertentu sehingga terdapat *vertex* yang berhimpitan memiliki warna yang berbeda. Pemberian notasi pada *vertex colouring* biasanya berupa angka 1,2,3,... atau dengan huruf $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ (Marsudi 2016). Pewarnaan sisi dinotasikan $\chi'(G)$ yang merupakan suatu bilangan k terkecil sehingga sisi (*edges*) dimana graf dapat diwarnai dengan k warna yang disebut indeks kromatik. Pewarnaan sisi (*edges*) umumnya dinyatakan dalam bentuk angka 1,2,3,...,k dan $\chi'(G) \leq |E(G)|$ maka $\chi'(G) \geq \Delta$. Sedangkan pada graf *cycle* yang memiliki n simpul genap $\chi'(C_n) = 2$ dan $\chi'(C_n) = 3$ untuk n simpul ganjil (Rahayuningsih 2017). Pewarnaan wilayah adalah kegiatan pewarnaan pada setiap *region* graf dengan sedemikian rupa sehingga tidak

terdapat warna yang sama pada setiap wilayah yang bertetanggaan.(Gani 2018)

Pada penelitian pewarnaan lampu lalu lintas persimpangan Jalan Gatot Subroto, Sei Sikambing, Kecamatan Medan Sunggal, Medan sesuai jika menerapkan algoritma *Welch-Powell* (Purab n.d.). Algoritma *Welch-Powell* adalah salah satu metode dalam *graph colouring* yang digunakan untuk lalu lintas dimana berdasarkan *vertex* yang memiliki *degree* tertinggi berhak diberi warna terlebih dahulu dan *vertex* selanjutnya yang tidak berhimpitan dengan *vertex* pertama pewarnaan, sehingga penerapan arus lalu lintas tidak boleh bersamaan yang menyebabkan pasangan arus yang konflik (Maulani 2019).

METODE PENELITIAN

Algoritma Welch-Powell

Algoritma *Welch-Powell* merupakan suatu kegiatan pewarnaan setiap simpul menurut aturan simpul dengan derajat tertinggi yang sebelumnya telah diurutkan terlebih dahulu. Algoritma *Welch-Powell* merupakan bagian dari algoritma *Greedy* yang juga terdapat algoritma *Kruskal's* dan *algoritma Prims* (Maulani 2019)-(Chairani, Jaya, and Cipta 2021). Algoritma *Greedy* adalah suatu algoritma yang memecahkan masalah secara sistematis dengan tujuan setiap langkah diharapkan dapat menuju pada solusi optimum (Puteri 2017)-(Srisulistiowati 2021). Adapun langkah-langkah dalam melakukan pewarnaan dengan *algoritma Welch-Powell* yaitu (Munir 2016):

1. *Verteks* pada graf diurutkan berdasarkan *degree* terkecil.
2. Berikan warna pada simpul pertama C_1 secara berurutan namun tidak boleh bersebelahan.
3. Lakukan pengulangan langkah ke-2 dengan warna kedua C_2 pada simpul-simpul yang belum diberi warna.
4. Lakukan pengulangan langkah ke-3 dengan warna ke-3 C_3 pada simpul-simpul yang belum diberi warna sdan seterusnya hingga semua simpul telah diberi warna.

Efektivitas durasi dari warna lampu lintas merupakan hasil perbandingan jumlah durasi lampu merah maupun lampu hijau yang diperoleh dari hasil kalkulasi sebelumnya dengan data sekunder berupa durasi lampu lalu lintas (Lubis 2021)-(M. A. Adri, D. J. Panjaitan 2022).

1. Efektivitas lampu merah

$$\frac{\text{Total durasi merah baru-total durasi merah lama (real)}}{\text{total durasi merah lama (real)}} \times 100\% \quad (1)$$

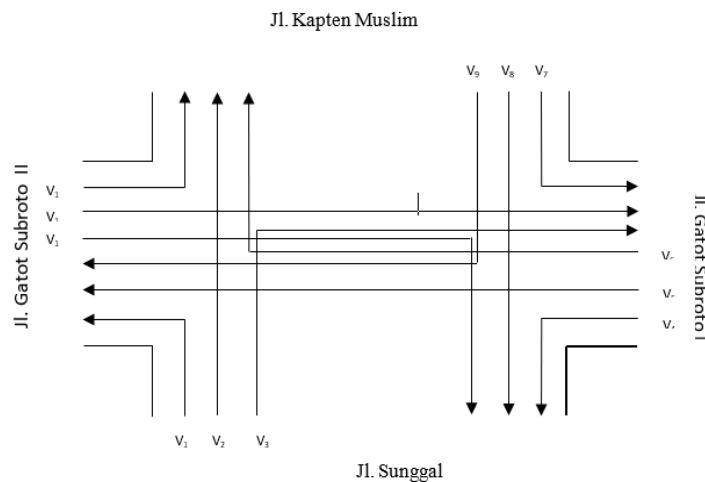
2. Efektivitas lampu hijau

$$\frac{\text{Total durasi hijau baru-total durasi hijau lama (real)}}{\text{total durasi hijau lama (real)}} \times 100\% \quad (2)$$

Jika dihasilkan durasi merah bernilai negatif maka hal itu menunjukkan penurunan, dan jika dihasilkan durasi lampu hijau bernilai positif maka hal itu menunjukkan kenaikann.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi data arus persimpangan Jalan Gatot Subroto Sei Sikambing



Gambar 1. Ilustrasi Jalan Gatot Subroto Sempang Sei Sikambang

Tabel 1. Data lama durasi lampu lalu lintas pukul 08.00 WIB

Nama Persimpangan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Total Waktu (detik)
Jalan Gatot Subroto I	178	65	243
Jalan Gatot Subroto II	169	75	244
Jalan Sunggal	218	27	245
Jalan Kapten Muslim	187	55	242
Total	752	222	974

Tabel 2. Data lama durasi lampu lalu lintas pukul 12.00 WIB

Nama Persimpangan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Total Waktu (detik)
Jalan Gatot Subroto I	163	80	243
Jalan Gatot Subroto II	180	60	240
Jalan Sunggal	217	25	242
Jalan Kapten Muslim	185	55	240
Total	745	220	965

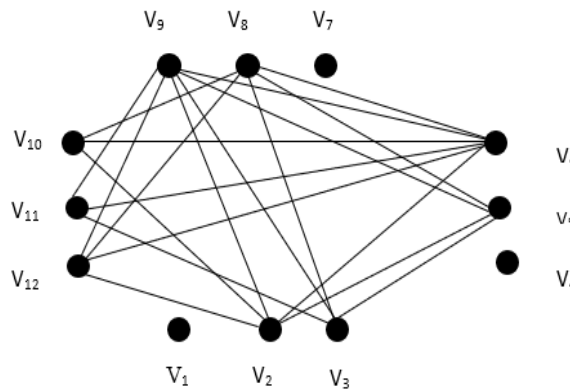
Tabel 3. Data lama durasi lampu lalu lintas pukul 16.00 WIB

Nama Persimpangan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Total Waktu (detik)
Jalan Gatot Subroto I	173	80	253
Jalan Gatot Subroto II	185	70	255
Jalan Sunggal	231	25	256

Jalan Kapten Muslim	203	50	253
Total	792	225	1.017

Bagian ini akan dijelaskan transformasi persimpangan dalam bentuk graf, *vertex colouring* dengan menggunakan algoritma *welch-powell*, dan mengefektifkan durasi lalu lintas baru.

a. Mentransformasikan persimpangan ke dalam bentuk graf

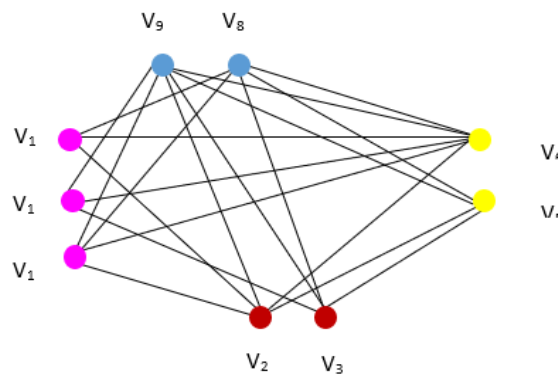


Gambar 2. Transformasi Persimpangan

Simpul v_1, v_4, v_7 adalah simpul asing yang merupakan simpul yang tidak memiliki hubungan apapun dengan simpul lainnya, akibatnya arus lalu lintas pada v_1, v_4, v_7 tidak berlakunya peraturan lampu lalu lintas.

b. Pewarnaan graf dengan menggunakan algoritma *Welch-Powell*

Jumlah keseluruhan *vertex* graf *incompatible* adalah sebanyak 9. Simpul diurutkan berdasarkan pada derajat tertinggi hingga terendah yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. Pewarnaan Simpul dengan Algoritma *Welch-Powell*

Tabel 4. Warna Simpul Graf

Warna	Simpul Graf
Biru	v_9, v_8
Kuning	v_6, v_5
Jingga	v_3, v_2
Merah muda	v_{12}, v_{11}, v_{10}

Bilangan kromatik adalah suatu kegiatan meminimumkan jumlah warna pada pewarnaan simpul graf yang dinotasikan $\chi(G) = k$. (Munir 2016) Maka berdasarkan pada tabel 4. diperoleh bilangan kromatik sebanyak 4 yang kemudian akan digunakan pada perhitungan data durasi lampu lalu lintas baru.

c. Menghitung Efektivitas Durasi Lampu Lalu Lintas

Tabel 5. Data baru durasi lampu lalu lintas pukul 08.00 WIB

Nama Persimpangan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Total Waktu (detik)
Jalan Gatot Subroto I	149,5	93,5	243
Jalan Gatot Subroto II	140,5	103,5	244
Jalan Sunggal	189,5	55,5	245
Jalan Kapten Muslim	158,5	83,5	242
Total	638	336	974

Tabel 6. Data baru durasi lampu lalu lintas pukul 12.00 WIB

Nama Persimpangan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Total Waktu (detik)
Jalan Gatot Subroto I	133	110	243
Jalan Gatot Subroto II	154	90	244
Jalan Sunggal	190	55	245
Jalan Kapten Muslim	157	85	242
Total	634	340	974

Tabel 7. Data baru durasi lampu lalu lintas pukul 16.00 WIB

Nama Persimpangan	Merah (detik)	Hijau (detik)	Total Waktu (detik)
Jalan Gatot Subroto I	141,75	111,25	253
Jalan Gatot Subroto II	153,75	101,25	255
Jalan Sunggal	199,75	56,25	256
Jalan Kapten Muslim	171,75	81,25	253
Total	667	350	1.017

Tabel 8. Efektivitas Durasi Lampu Lalu Lintas

Waktu WIB	Lampu	Efektivitas
08.00	Hijau	$((638 - 752) / 752) \times 100\% = -15,15\%$
	Merah	$((336 - 222) / 222) \times 100\% = 51,35\%$
12.00	Hijau	$((634 - 745) / 745) \times 100\% = -14,89\%$
	Merah	$((340 - 220) / 220) \times 100\% = 54,54\%$
16.00	Hijau	$((667 - 792) / 792) \times 100\% = -15,78\%$
	Merah	$((350 - 225) / 225) \times 100\% = 55,55\%$

Sehingga diperoleh rata-rata durasi lampu merah mengalami penurunan sebesar 15,27% atau 116,51 detik dari durasi lampu merah lama sehingga hal ini bernilai negatif sedangkan durasi lampu hijau mengalami kenaikan sebesar 53,81% atau 119,63 detik dari durasi lampu hijau lama

dan bernilai positif. Hal ini menunjukkan penurunan persentase durasi lampu merah dan kenaikan lampu hijau mengakibatkan berkurangnya kemacetan lalu lintas di persimpangan Jalan Gatot Subroto Sei Sikambing.

KESIMPULAN

Algoritma *Welch-Powell* dapat mengendalikan lalu lintas dengan cara memberikan solusi alternatif durasi lampu lalu lintas pada persimpangan Jalan Gatot Subroto Sei Sikambing. Bilangan kromatik merupakan suatu kegiatan meminimumkan jumlah warna pada pewarnaan simpul graf yang diperoleh dari penerapan algoritma *Welch-Powell* sebelumnya yaitu 4. Bilangan kromatik yang telah diperoleh selanjutnya digunakan untuk melakukan perhitungan keefektifan durasi lampu lalu lintas dengan meningkatkan rata-rata durasi lampu hijau sebesar 53,81% atau 119,63 detik dari durasi lampu hijau lama dan bernilai positif. Sedangkan rata-rata durasi lampu merah bernilai negatif, karena mengalami penurunan sebesar 15,27% atau 116,51 detik dari durasi lampu merah lama dan durasi lampu hijau mengalami kenaikan maka hasil penelitian ini dapat diberikan kepada pihak Dinas Perhubungan Kota Medan untuk diterapkan

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Ahmad. 2019. "Menakar Kemacetan Kota Medan Di Tahun 2019." <https://analisadaily.com/arsip/2019/4/2/716644/menakar-kemacetan-kota-medan-di-tahun/>.
- Aprilia, Rina Filia Sari dan Rima. 2020. *Matematika Diskrit Dan Ayat Al-Qur'an*. Medan: CV. Pusdikra Mitra Jaya.
- Chairani, Chairani, Indra Jaya, and Hendra Cipta. 2021. "Optimasi Waktu Tunggu Total Dengan Metode Webster Dalam Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso." *FARABI: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika* 4(2): 175–80.
- Gani, Rifan Rahardian. 2018. "Penerapan Pewarnaan Titik Pada Graf Untuk Menyusun Jadwal Pelajaran (Studi Kasus MI Al Wathoniyyah 02 Semarang)." Universitas Negeri Malang.
- Lubis, Loria Amisah. 2021. "Penerapan Algoritma Welch-Powell Untuk Pengaturan Pengendalian Lampu Lalu Lintas." Universitas Sumatera Utara.
- M. A. Adri, D. J. Panjaitan, dan H. Cipta. 2022. "VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP) DALAM PENENTUAN RUTE TERPENDEK PENDISTRIBUSIAN TABUNG GAS LPG DENGAN." *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan* 19(1 Juni 2022): 49–57.
- Marsudi. 2016. *Teori Graf*. Malang: UB Press.
- Maulani, Yulianti Rusdiana dan Alfi. 2019. "Algoritma Welch-Powell Untuk Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Perkuliahan." *SPEJ (Science and Phsics Education Journal)* 3.
- Munir, Rinaldi. 2016. *Matematika Diskrit*. Bandung: Informatika Bandung.
- Purab, Landerius Maro dan Lilis K. Sabu. "Penerapan Konsep Pewarnaan Graf Dalam Penyusunan Jadwal Perkuliahan Menggunakan Metode Algoritma Welch-Powell." *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* 7.
- Puteri, Chintya Kumalasari. 2017. *Implementasi Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch-Powell Untuk Penjadwalan Mata Kuliah*. Surabaya.
- Rahayuningsih, Sri. 2017. *Teori Graph Dan Penerapannya*. Malang: Universitas Wisnuwardhana Press Malang.
- Sembiring, Zulfikar. 2017. "Fuzzy Linear Programming Untuk Pemilihan Jenis Kendaraan Dalam Mengantisipasi Kemacetan Lalu Lintas Di Kota Medan." 4.
- Srisulistiwati, Hendarman Lubis dan Dwi Budi. 2021. "Algoritma Prims Dan Kruskal Dalam Mencari Minimum Spanning Tree Pada Bahasa Pemrograman C."

- Statistik, Badan Pusat. 2019. “Jumlah Penduduk Kota Medan Menurut Kecamatan Dan Jenis Kelamin (Jiwa).”
- Sulistyorini, Yunis. 2018. *Teori Graph*. Medan: Program Studi Pendidikan Matematika IKIP Budi Utomo Medan.
- Taneo, Farida Daniel dan Prida NL. 2019. “Pengembangan Buku Ajar Teori Graf Untuk Meningkatkan Kemampuan Reprsentasi Matematis Siswa Pada Mata Kuliah Matematika Diskrit.” *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika* 9.
- Untuk, Powell, and Keefektifan Pada. 2020. “Penerapan Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch-Powell Untuk Keefektifan Pada Pengaturan Lalu Lintas.” *Karismatika* 6(2): 52–65.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 2 tentang Sistem Pendidikan Nasional. 1990. Jakarta: PT.Armas Duta Jaya