

Optimasi Waktu Tunggu Total Dengan Metode *Webster* dalam Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso

Chairani¹, Indra Jaya², Hendra Cipta^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Email: chairanirani02@gmail.com

ABSTRAK

Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso merupakan salah satu persimpangan yang sering mengalami masalah kemacetan dikarenakan durasi nyala lampu hijau lebih sedikit dibandingkan dengan nyala lampu merah sehingga waktu tunggu bagi kendaraan belum optimal. Tujuan penelitian ini diharapkan mampu mengatasi kemacetan lalu lintas dengan pemodelan graf kompatibel menggunakan metode *Webster*. Pemodelan graf kompatibel digunakan untuk mengetahui fase lampu lalu lintas dan arus yang dapat berjalan dengan bersesuaian sedangkan metode *Webster* digunakan untuk mengetahui keoptimalan waktu tunggu bagi kendaraan di persimpangan. Hasil penelitian yang diperoleh adalah terdapat 3 fase lampu lalu lintas yang dioptimalkan. Pengoptimalan waktu tunggu total di persimpangan dengan menggunakan metode *Webster* menghasilkan siklus waktu yang optimum yaitu untuk setiap fase mendapatkan waktu 220 detik. Hasil dari metode ini dikatakan efektif karena tiap kaki simpang yang bervolume tinggi dengan lebar jalan yang lebih kecil terdapat penambahan dan pengurangan durasi nyala lampu lalu lintas.

Kata kunci: Kemacetan Lalu lintas, Graf Kompatibel, Metode *Webster*

ABSTRACT

Intersection of Colonel Yos Sudarso Street is one of the intersection that often experiences congestion because duration of the green light is less than the red light so the waiting time for vehicles at intersection not optimal. This research is expected to be able to overcome the congestion problem with compatible graph modelling and the Webster method. Compatible graph modeling is used to determine the phase of the traffic lights and stream that can work together while the Webster method is used to determine the optimal waiting time for vehicles at intersections. The result is that there are 3 phases of optimized traffic lights. Optimization of the total waiting time at the intersection using the Webster method produces the optimum cycles time for each phase get a time of 220 seconds. The results of this method can be said to be effective because at each phase of a high volume intersection with a narrower road width there is an increase and decrease in duration of the traffic light.

Keywords: *Traffic Jam, Compatible Graph, Webster Method*

A. Pendahuluan

Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso adalah persimpangan yang mempertemukan pusat kota dengan kawasan industri. Pada persimpangan ini terdapat lampu lalu lintas yang mengatur sistematis perjalanan yaitu lampu lalu lintas yang terdapat di berbagai kaki simpang. Meskipun terdapat lampu lalu lintas

yang mengatur jalan tetap saja masih banyak pengguna jalan yang tidak taat peraturan dan menyebabkan kemacetan. Lalu lintas adalah suatu instrumen yang penting dalam pengendalian konflik di persimpangan. Lampu pada sisi jalan persimpangan berfungsi dalam pengaturan arus kendaraan dari arah yang berlawanan dan mencegah terjadinya konflik di

persimpangan dengan aturan yang lebih tegas dan fleksibel sesuai dengan kondisi di lapangan (Maslim *et al.*, 2018).

Lampu lalu lintas pada persimpangan diharapkan dapat mengendalikan kemacetan dan kepadatan kendaraan yang menunggu. Namun pada kenyataannya fungsi lampu lalu lintas masih kurang efektif dikarenakan kapasitas dari kegunaannya hanya berdasarkan waktu yang sudah ditetapkan tanpa melihat situasi dan kondisi di hari-hari yang berbeda. Karena masalah tersebut diperlukan adanya alternatif dari pengaturan arus lalu lintas dan waktu tunggu bagi kendaraan di persimpangan tersebut dengan memodelkan arus lalu lintas menggunakan graf kompatibel dan menentukan waktu tunggu yang optimum dengan metode *Webster*.

Pemodelan arus lalu lintas persimpangan dengan menggunakan graf kompatibel bertujuan agar arus lalu lintas yang direpresentasikan dapat beroperasi dengan aman pada waktu yang bersamaan dan penggunaan metode *Webster* adalah untuk menghasilkan waktu nyala lampu hijau yang sesuai dengan berdasarkan pada kepadatan volume kendaraan di jalur persimpangan (Ulfah, 2018). Sehingga akan didapatkan waktu tunggu yang ideal sesuai dengan volume kendaraan dan dapat menjadi solusi dalam mengurangi kemacetan. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Farida *et al.* (2020) didapat kesimpulan bahwa waktu tunggu yang diteliti di lapangan lebih efektif daripada waktu tunggu yang telah ditetapkan di persimpangan Jalan Jemur Andayani, yaitu pengendara mendapatkan waktu tunggu 170 detik dan mengikuti lampu ke arah kiri. Sehingga peneliti ingin menerapkan graf kompatibel dan metode *Webster* untuk mengatasi kemacetan di persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso dan mengurangi konflik yang terjadi di persimpangan serta untuk melihat apakah pada persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso terdapat waktu tunggu yang optimal dan ideal pada lampu lalu lintasnya.

Penelitian ini diharapkan memberikan saran dan masukan bagi Dinas Perhubungan Kota Medan dalam menentukan waktu tunggu total bagi kendaraan sehingga waktu yang ditetapkan selanjutnya akan lebih optimal dan hasil penelitian ini dapat membantu pengguna jalan yang sering mengalami kemacetan di persimpangan tersebut.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso dan Dinas Perhubungan (DISHUB) Kota Medan. Penelitian dilakukan sejak Februari sampai Agustus 2021. Penelitian terapan digunakan dalam penelitian ini dengan mengambil data data sekunder dan data primer yang bersumber dari Dinas Perhubungan Kota Medan dan data yang diperoleh langsung di persimpangan. Data sekunder berupa nama jalan dan lebar setiap jalur sedangkan data primer berupa waktu lampu lalu lintas dan volume kendaraan pada lalu lintas di persimpangan tersebut. Sedangkan variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah jumlah jalur pada persimpangan, lebar jalan pada tiap simpang, waktu nyala lampu lalu lintas dan jumlah kendaraan pada waktu tunggu.

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan (Poernamasari, 2019):

1. Pengumpulan data yaitu data geometri, data waktu lampu lalu lintas dan data volume kendaraan.
2. Menggambarkan bentuk dari persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso.
3. Mengkonversikan bentuk persimpangan ke dalam graf kompatibel dimana pasangan jalur yang kompatibel direpresentasikan oleh sisi.
4. Menyederhanakan graf yang telah kompatibel.
5. Mengkonversikan bentuk graf kompatibel ke dalam bentuk graf ganda berarah berbobot. Adapun klasifikasi pemberian bobot adalah sebagai berikut:
 - a. Bobot nilai untuk lebar jalan
 - 1) dibawah 3 m diberi bobot nilai 4
 - 2) antara 3 sampai 4 m diberi bobot nilai 3
 - 3) lebih dari 4 sampai 5 m diberi bobot nilai 2
 - 4) lebih dari 5 m diberi bobot nilai 1
 - b. Bobot nilai untuk volume kendaraan
 - 1) Diatas 2000 kend/jam diberi nilai 5
 - 2) 1.500-1.999 kend/jam diberi nilai 4
 - 3) 1.000-1.499 kend/jam diberi nilai 3
 - 4) 500-999 kend/jam diberi nilai 2

- 5) 0-499 kend/jam diberi nilai 1
6. Mengoptimalkan waktu tunggu lalu lintas dengan menggunakan metode *Webster*.

C. Hasil dan Pembahasan

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data geometri keadaan jalan, data waktu lampu lalu lintas dan data volume kendaraan pada persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso. Data geometri keadaan jalan bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso

Lebar jalan pada setiap persimpangan jalan Kolonel Yos Sudarso, adalah:

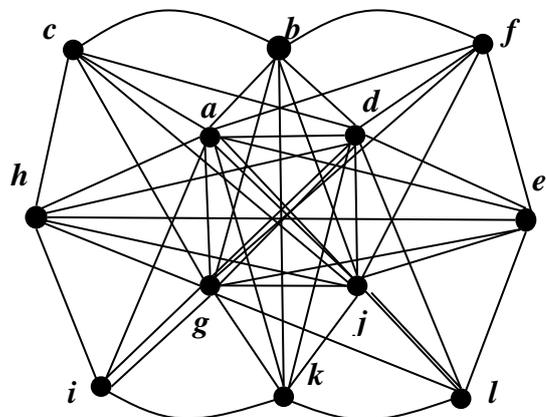
- a. Simpang jalan Kolonel Yos Sudarso memiliki 2 jalur dimana terdapat jalur keluar dan jalur masuk dengan lebar masing-masing jalur adalah 7 m.
- b. Simpang jalan H. Adam Malik memiliki 2 jalur dengan lebar jalur masuk adalah 5 m dan jalur keluar adalah 4 m.
- c. Simpang jalan Bambu II memiliki 2 jalur dengan lebar jalur masuk 6 m dan jalur keluar 5 m.
- d. Simpang jalan Putri Hijau memiliki 2 jalur dimana jalur keluar dan jalur masuk memiliki lebar masing-masing 7 m.

Tabel 1. Waktu Lampu Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso

Persimpangan	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)	Total waktu
Jln Kolonel Yos Sudarso (A)	129	3	115	247
Jln H. Adam Malik (B)	114	3	74	191
Jln Bambu II (C)	106	3	74	183
Jln Putri Hijau (D)	124	3	119	246

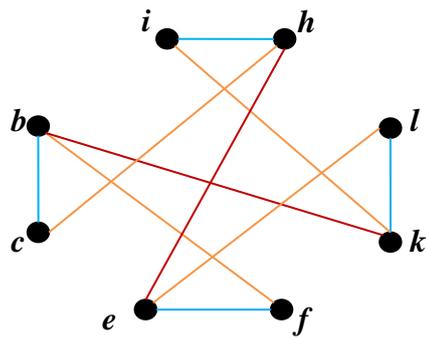
Kemudian untuk pengumpulan data volume kendaraan pada lalu lintas di persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan. Pengumpulan data dilakukan selama seminggu sejak 23 Juni-29 Juni 2021. Data diambil selama 3 fase yakni pada jam-jam sibuk yaitu pagi, siang dan sore dan didapat puncak volume kendaraan pada persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso yaitu pada hari senin 28 Juni 2021 pukul 07.00-08.00 WIB.

Sistem arus lalu lintas pada persimpangan jalan Kolonel Yos Sudarso telah ditetapkan sesuai dengan peraturan dan mengikuti arahan lampu bersinyal. Arus lalu lintas ini selanjutnya diubah ke dalam bentuk graf kompatibel. Graf dibentuk dengan sisi-sisi yang berhubungan dengan noktah sebagai penghubungnya. Sisi-sisi yang kompatibel (sesuai) menunjukkan hubungan dua arus lalu lintas atau lebih yang dapat berjalan dengan baik, aman, dan tidak menyebabkan konflik di persimpangan. Setelah graf kompatibel bagi persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso dibentuk seperti gambar di bawah ini.



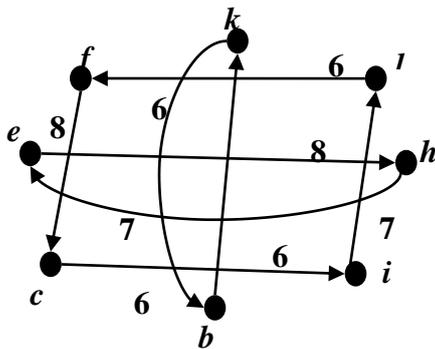
Gambar 2. Graf Kompatibel untuk Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso

Selanjutnya graf disederhanakan agar mendapatkan fase yang akan dihitung waktu tunggu total bagi kendaraannya.



Gambar 3. Graf Kompatibel yang disederhanakan

Graf kompatibel yang telah disederhanakan diubah ke dalam bentuk graf ganda berarah berbobot dengan pemberian bobot nilai berdasarkan pada pengasumsian. Sehingga graf ganda berarah berbobot untuk persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso adalah:



Gambar 4. Graf ganda berarah berbobot untuk Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso

Selanjutnya untuk pengoptimalan waktu tunggu total pada persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso dengan menggunakan metode *Webster*. Untuk menghitung waktu tunggu yang optimum terlebih dahulu ditentukan:

1. Waktu kuning (R) = 5detik
2. Arus jenuh pada setiap jalur di persimpangan:
 - Jalan kolonel yos sudarso (A): $7 \times 525 = 3675$ smp/jam
 - Jalan H. Adam Malik (B): 1975 smp/jam
 - Jalan Bambu II (C): $6 \times 525 = 3150$ smp/jam
 - Jalan Putri Hijau (D): $7 \times 525 = 3675$ smp/jam
3. Tingkat arus lalu lintas pada tiap jalur persimpangan
 - a. Jalan Kolonel Yos Sudarso (A):

$$y = \frac{Q}{s} = \frac{1754}{3675} = 0,4773 \text{ smp/jam}$$

- b. Jalan H. Adam Malik (B):

$$y = \frac{Q}{s} = \frac{1105}{1975} = 0,5594 \text{ smp/jam}$$
- c. Jalan Bambu II (C):

$$y = \frac{Q}{s} = \frac{1444}{3150} = 0,4584 \text{ smp/jam}$$
- d. Jalan Putri Hijau (D):

$$y = \frac{Q}{s} = \frac{1329}{3675} = 0,3616 \text{ smp/jam}$$

$$FR = \sum y \max = Y$$

$$= 0,5594 + 0,4584 + 0,3616 - 0,4773$$

$$= 0,9021$$

4. Waktu hilang total (L_t)

$$L_t = 2n + R$$

$$= 2(3) + 5$$

$$= 11$$

Maka waktu siklus optimum untuk persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso adalah:

$$C_o = \frac{1,5L + 5}{1 - Y}$$

$$= \frac{1,5(11) + 5}{1 - 0,9021}$$

$$= \frac{21,5}{0,0979} = 219,611 \approx 220 \text{ detik:}$$

5. Waktu hijau efektif bagi setiap fase:
 - Fase A (Jalan Kolonel Yos Sudarso dan Jalan Putri Hijau)

$$g = \frac{0,4337(220 - 11)}{0,9021}$$

$$= \frac{90,6433}{0,9021} = 100,48 \text{ detik}$$

- Fase B (Jalan H. Adam Malik)

$$g = \frac{0,5594(220 - 11)}{0,9021}$$

$$= \frac{116,9146}{0,9021} = 129,63 \text{ detik}$$

- Fase C (Jalan Bambu II)

$$g = \frac{0,4584(220 - 11)}{0,9021}$$

$$= \frac{95,8056}{0,9021} = 106,20 \text{ detik}$$

6. Waktu nyala lampu hijau yang efektif bagi tiap simpang

Nyala lampu merah yang efektif akan dicari dengan rumus: Fase = C_o - waktu hijau - waktu kuning.

$$\text{Fase A} = C_o - \text{waktu hijau} - \text{waktu kuning}$$

$$= 220 - 100 - 5 = 115 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Fase B} &= C_o - \text{waktu hijau} - \text{waktu kuning} \\ &= 220 - 130 - 5 = 85 \text{ detik} \\ \text{Fase C} &= C_o - \text{waktu hijau} - \text{waktu kuning} \\ &= 220 - 106 - 5 = 109 \text{ detik} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dengan menggunakan graf kompatibel dan metode *Webster* maka data baru bagi waktu tunggu total yang optimal pada persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:

Tabel 2. Perbandingan waktu nyala lampu lalu lintas di persimpangan

Persimpangan	Waktu nyala lampu yang ditetapkan				Waktu nyala lampu dengan metode <i>Webster</i>			
	M	H	K	Total waktu	M	H	K	Total waktu
Jln Kolonel Yos Sudarso	129	3	115	247	115	5	100	220
Jln Bambu II	114	3	74	191	85	5	130	220
Jln H. Adam Malik	106	3	74	183	109	5	106	220
Jln Putri Hijau	124	3	119	246	115	5	100	220

Di lapangan didapatkan fakta bahwa pada jalan H. Adam Malik mendapatkan nyala lampu hijau yang lebih sedikit dari simpang jalan lainnya padahal pada jalan tersebut volume kendaraan relatif selalu padat dengan lebar jalan yang lebih kecil sehingga pada kaki simpang ini sering terjadi kemacetan. Namun dengan menggunakan graf kompatibel dan metode *Webster* didapatkan bahwa hasil waktu tunggu bagi tiap kaki simpang dengan melihat volume kendaraan dan lebar jalan menghasilkan siklus waktu yang optimum dengan semua fase mendapatkan waktu 220 detik. Waktu tunggu yang optimal ini menghasilkan bahwa terdapat penambahan durasi nyala lampu lalu lintas bagi jalan yang bervolume padat dan pengurangan waktu nyala lampu merah dikarenakan waktu nyala lampu merah belum optimal di persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso.

D. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Penerapan teori graf dalam memodelkan graf kompatibel bagi persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso menghasilkan model graf kompatibel yang diubah ke dalam bentuk graf ganda berarah berbobot. Pengoptimalan waktu tunggu total pada arus lalu lintas di persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso dengan menggunakan metode *Webster* menghasilkan siklus waktu yang optimum dengan semua fase mendapatkan waktu 220 detik. Pada jalan Kolonel Yos Sudarso menghasilkan waktu nyala lampu hijau 100 detik, kuning 5 detik, dan merah 115 detik. Jalan H. Adam Malik menghasilkan waktu nyala lampu hijau 130 detik, kuning 5 detik, dan merah 85 detik. Jalan Bambu II menghasilkan waktu nyala lampu hijau 109 detik, kuning 5 detik, dan 106 detik serta jalan Putri Hijau menghasilkan waktu nyala lampu hijau 100 detik, kuning 5 detik, dan merah 115 detik.

Hasil dari metode terlihat efektif karena pada kaki simpang dengan volume kendaraan yang tinggi namun lebar jalan yang sempit atau tidak memadai terdapat penambahan durasi nyala lampu hijau yang lebih lama dibanding dengan nyala lampu merahnya. Begitu pula sebaliknya pada kaki simpang dengan lebar jalan yang cukup lebar namun volume kendaraan lebih sedikit maka terdapat pengurangan durasi pada nyala lampu lalu lintas.

2. Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah penambahan variabel-variabel lain yang ditemukan di lapangan dan asumsi-asumsi yang digunakan dalam pembobotan dapat menghasilkan waktu tunggu yang lebih optimal dan sesuai keadaan di lapangan. Pemodelan graf kompatibel perlu disempurnakan dan hasil dari penelitian dapat dirancang dan disimulasikan perangkat program komputer.

E. Daftar Pustaka

- Daniel, F., & Prida, N. L. (2019). *Teori Graf*. Deepublish.
https://books.google.com/books/about/Teori_Graf.html?id=r0HGDwAAQBAJ
- Fanani, A. (2016). *Optimasi Waktu Tunggu Lampu Lalu Lintas Dengan*

- Menggunakan Graf Kompatibel Sebagai Upaya Mengurangi Kemacetan. *Systemic: Information System and Informatics Journal*, 2(1), 45–50.
<https://doi.org/10.29080/systemic.v2i1.107>
- Farida, Y., Fanani, A., Purwanti, I., Wulandari, L., & Zaen, N. J. (2020). Pemodelan Arus Lalu Lintas dan Waktu Tunggu Total Optimal Di Persimpangan Jl. Jemur Andayani – Ahmad Yani Sebagai Upaya Mengurai Kemacetan. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 14(3), 389–398.
<https://doi.org/10.30598/barekengvol14iss3pp389-398>
- Khairani, M. (2018). *Matematika Diskrit*. Perahu Literatur.
- Marsudi. (2016). *Teori Graf*. UB Press.
- Maslim, M., Dwiandiyanta, B. Y., & Viany Susilo, N. (2018). Implementasi Metode Logika Fuzzy dalam Pembangunan Sistem Optimalisasi Lampu Lalu Lintas. *Jurnal Buana Informatika*, 9(1), 11–20.
<https://doi.org/10.24002/jbi.v9i1.1661>
- Poernamasari, I., Tumilaar, R., & Montolalu, C. E. J. C. (2019). Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas dengan menggunakan Metode Webster (Studi Kasus Persimpangan Jalan Babe Palar). *D'CARTESIAN*, 8(1), 27–35
- Staf Pengajar ITP. *Diktat Kuliah 9 RLL*. Retrieved February 27, 2021, from <http://sisfo.itp.ac.id/bahanajar>
- Sumanto. (2020). *Teori dan Aplikasi Metodologi Penelitian*. ANDI Offset.
- Ulfah, C. (2018). *Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas Kota Medan menggunakan Graf dan Metode Webster*. Universitas Sumatera Utara.