



OPTIMASI WAKTU TUNGGU LALU LINTAS DENGAN MENGGUNAKAN GRAF KOMPATIBEL SEBAGAI UPAYA MENGURANGI KEMACETAN

Ayuk Khoirotun Nisa^{1*}, Lilik Muzdalifah²
Program Studi Matematika FMIPA Universitas PGRI Ronggolawe^{1,2}
ayukkhoirotunnisa28@gmail.com^{1*}, muzdalifahlilik@gmail.com²

Abstrak– Kemacetan lalu lintas sering terjadi pada suatu persimpangan. Kemacetan tersebut timbul disebabkan oleh beberapa hal, salah satunya adalah kurang optimalnya nyala lampu lalu lintas pada persimpangan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan waktu tunggu lampu lalu lintas dengan menggunakan graf kompatibel. Dalam penelitian ini menggunakan data primer pada persimpangan karangwaru Tuban dengan menggunakan variabel waktu. Arus lalu lintas yang kompatibel merupakan dua arus lalu lintas jika keduanya berjalan bersamaan dapat berjalan aman dan tidak akan berpotongan. Hasil perhitungan waktu tunggu total menggunakan graf kompatibel pada persimpangan karangwaru dengan arus lalu lintas mengikuti isyarat lampu lalu lintas adalah 150 detik. Waktu tunggu total optimal tersebut lebih kecil dari waktu tunggu total yang diterapkan saat ini di persimpangan karangwaru yaitu 506 detik.

Kata Kunci – Kemacetan, Graf Kompatibel, Waktu Tunggu Total Optimal, Lampu Lalu Lintas

I. PENDAHULUAN

Kemacetan lalu lintas sering terjadi di berbagai kota di Indonesia. kemacetan timbul karena adanya konflik pergerakan yang datang tiap arah kaki simpangnya dan untuk mengurangi konflik ini banyak dilakukan pengendalian untuk mengoptimalkan persimpangan dengan menggunakan lampu lalu lintas. Pada persimpangan sering ditemui lampu lalu lintas dengan durasi nyala lampu merah yang lama dan durasi nyala lampu hijau yang singkat. Hal ini menimbulkan antrian yang menumpuk sehingga sering terjadi kemacetan [1].

Mengkaji tentang optimasi waktu tunggu lampu lalu lintas dengan menggunakan graf kompatibel sebagai upaya mengurangi kemacetan, dan hasilnya adalah memperoleh waktu tunggu yang optimal pada lalu lintas [2]. Sehingga, dapat mengurangi kemacetan yang terjadi khususnya di persimpangan *frontage* BRI – Dinas Perhubungan dan LLAJ – Jl. Ahmad Yani Surabaya dengan optimasi waktu 100 detik untuk tiap waktu tunggu total dan berbeda dengan hasil yang di dapat dilapangan yaitu 150 detik. Menurut penelitian sebelumnya [3] [4] [5] penyelesaian masalah lampu lalu lintas dan penentuan waktu tunggu total optimal dipersimpangan jalan dapat menggunakan graf kompatibel.

Persimpangan karangwaru merupakan simpang empat yang memiliki kondisi penumpukan kendaraan yang cukup tinggi. Hal tersebut dipengaruhi oleh faktor tata guna lahan sekitar merupakan pemukiman, pertokoan dan persimpangan yang menghubungkan berbagai akses jalan. Berdasarkan survei laporan akhir lalu lintas harian rata-rata oleh Dinas Perhubungan Tuban, volume kendaraan ruas jalan gajahmada memiliki tingkat pelayanan D dimana kondisi lalu lintas mendekati arus tidak stabil [6]. Lamanya durasi lampu merah juga menjadi faktor penyebab penumpukan kendaraan pada persimpangan tersebut. Permasalahan pada persimpangan karangwaru diatas dapat diselesaikan dengan mengoptimasi waktu tunggu lampu lalu lintas, maka penulis melakukan kajian ini dengan menggunakan graf kompatibel untuk

mengoptimasi waktu tunggu lampu lalu lintas sebagai upaya mengurangi kemacetan di persimpangan karangwaru.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah metode observasi dan data yang diperoleh adalah lama nyala lampu lalu lintas di persimpangan karangwaru dan jumlah arus di persimpangan karangwaru. Arus lalu lintas yang dimaksud adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada pengal jalan tertentu pada periode waktu tertentu, diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu tertentu [7]. Arus lalu lintas yang diamati yaitu arus lalu lintas yang mengikuti isyarat lampu.

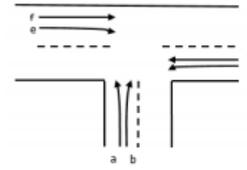
Untuk pengambilan data penelitian dilakukan pada pagi, siang, dan sore dengan melakukan observasi langsung di lapangan. Berikut asumsi yang digunakan:

- a. Penelitian ini dilakukan dengan mengamati tiap ruas jalan Gajahmada I, jalan Lukman Hakim, jalan Gajahmada II, dan jalan Majapahit
- b. Data waktu tunggu lampu lalu lintas yang digunakan adalah :
 - 1) Pagi hari pada pukul 06.00 – 08.00 WIB, dengan asumsi banyaknya pekerja dan pelajar yang berangkat beraktivitas pada jam tersebut.
 - 2) Siang hari pada pukul 12.00-14.00 WIB, dengan asumsi banyaknya pelajar yang pulang beraktivitas pada jam tersebut.
 - 3) Sore hari pukul 16.00-18.00 WIB, dengan asumsi .banyaknya pekerja yang pulang beraktivitas pada jam tersebut.

2.2 Prosedur Pengolahan Data

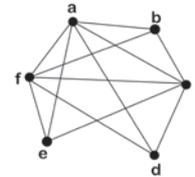
Penelitian ini menggunakan metode graf kompatibel. Arus lalu lintas yang kompatibel yaitu dua buah arus lalu lintas jika keduanya berjalan bersamaan dengan aman atau tidak berpotongan [3]. Adapun prosedur pengolahan data penelitian ini sebagai berikut :

1. Menggambarkan graf kompatibel, dimana titik-titiknya menunjukkan arus lalu lintas yang akan diatur, dan sisi-sisinya menunjukkan pasangan objek yang kompatibel. Dua buah titik dihubungkan dengan sisi jika dua arus lalu lintas kompatibel. Contoh persimpangan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1: Contoh Persimpangan Jalan

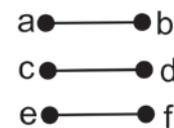
Arus lalu lintas yang terdapat pada persimpangan jalan di atas dikatakan kompatibel. Artinya, arus tersebut dapat berjalan dalam waktu yang bersamaan tanpa saling membahayakan. Dalam persimpangan jalan tersebut, arus a kompatibel dengan arus b, c, d, e dan f. Kemudian arus b kompatibel dengan arus a, c dan f, dan seterusnya. Arus lalu lintas pada persimpangan jalan tersebut dapat dibentuk dalam graf kompatibel. bentuk graf kompatibel dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 : Graf Kompatibel Arus Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan

2. Menentukan subgraf lengkap

Subgraf yang dimaksud adalah menunjukkan arus lalu lintas dari suatu jalur yang kompatibel dengan arus lalu lintas lainnya di jalur tersebut [5]. Subgraf lengkap dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 : Subgraf Lengkap

Menentukan waktu siklus tiap arus lalu lintas berdasarkan banyaknya subgraf lengkap. Salah satu cara mengatur lampu lalu lintas sehingga terbentuk suatu arus lalu lintas yang kompatibel yaitu menggunakan diagram jam. Selanjutnya membagi 1 periode waktu dari jumlah banyaknya subgraf lengkap terbesar, kemudian mengalokasikan siklus waktu tiap jalur.

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

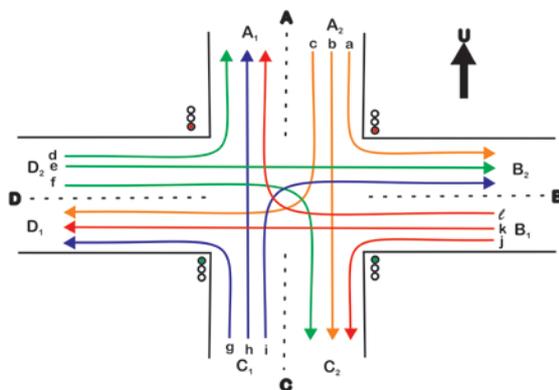
3.1 Sistem Arus Lalu Lintas di Persimpangan Karangwaru

Hasil observasi pada penelitian ini diperoleh data lama nyala lampu lalu lintas pada persimpangan karangwaru. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1: Lama Siklus Waktu Awal Lampu Lalu Lintas Pada Persimpangan Karangwaru

Nama Jalan	Merah (detik)	Kuning (detik)	Hijau (detik)
Jalan lukman hakim	156	3	19
Jalan gajahmada I	99	3	67
Jalan majapahit	112	3	20
Jalan gajahmada II	139	3	21
Jumlah nyala lampu lalu lintas	506	12	127

Dari hasil pengamatan yang sudah dilakukan pada waktu yang berbeda, diperoleh bahwa ternyata siklus lampu lalu lintas pada persimpangan karangwaru sama. Hal ini sangat tidak efisien, dikarenakan jumlah/kepadatan kendaraan yang melintas pada waktu pagi, siang, maupun sore berbeda [3]. Sistem lalu lintas yang diterapkan pada persimpangan karangwaru dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 : Sistem Lalu Lintas pada Persimpangan Karangwaru

Keterangan gambar :

A : Jalan Lukman hakim

B : Jalan Gajah Mada II

C : Jalan Majapahit

D : Jalan Gajah Mada I

A₁ : Jalur kiri (utara) jalan lukman hakim

A₂ : Jalur kanan (selatan) jalan lukman hakim

B₁ : Jalur kiri (barat) jalan gajahmada I

B₂ : Jalur kanan (timur) jalan gajahmada II

C₁ : Jalur kiri (utara) jalan majapahit

C₂ : Jalur kanan (selatan) jalan majapahit

D₁ : Jalur kiri (barat) jalan gajahmada II

D₂ : Jalur kanan (timur) jalan gajahmada II

a : Arus dari jalan lukman hakim ke jalan gajahmada I

b : Arus dari jalan lukman hakim ke jalan majapahit

c : Arus dari jalan lukman hakim ke jalan gajahmada II

d : Arus dari jalan gajahmada II ke jalan lukman hakim

e : Arus dari jalan gajahmada II ke jalan gajahmada I

f : Arus dari jalan gajahmada ii ke jalan majapahit

g : Arus dari jalan majapahit ke jalan gajahmada II

h : Arus dari jalan majapahit ke jalan lukman hakim

i : Arus dari jalan majapahit ke jalan gajahmada I

j : Arus dari jalan gajahmada I ke jalan majapahit

k : Arus dari jalan gajahmada I ke jalan gajahmada II

l : Arus dari jalan gajahmada I ke jalan lukman hakim

Keterangan untuk belok kiri langsung/mengikuti isyarat lampu :



: belok kiri ikuti isyarat lampu

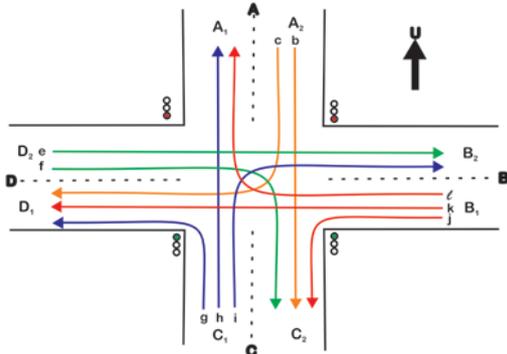


: belok kiri langsung

3.2 Pemodelan Graf Kompatibel Arus Lalu Lintas Persimpangan Karangwaru

Pada perhitungan optimasi waktu tunggu lalu lintas pada persimpangan karangwaru arus lalu lintas yang digunakan pada graf

kompatibel yaitu arus lalu lintas yang mengikuti isyarat lampu. Berikut gambar 5 arus lalu lintas mengikuti isyarat lampu pada persimpangan karangwaru.



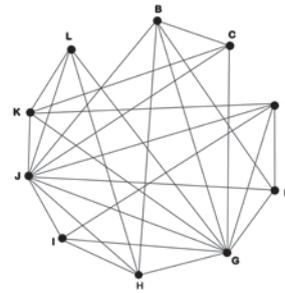
Gambar 5 : Arus Lalu Lintas Mengikuti Isyarat Lampu

Dari siklus arus lampu lalu lintas di persimpangan karangwaru pada gambar 5 terdapat 10 jalur dengan nama masing-masing b,c,e,f,g,h,i,j,k,l. Arus pada persimpangan tersebut selanjutnya akan dibuat graf kompatibel. berikut ini arus graf kompatibel dan tidak kompatibel di tabel 2.

Tabel 2: Tabel Graf Kompatibel dan Tidak Kompatibel Pada Persimpangan Karangwaru

Arus	Kompatibel	Tidak kompatibel
b	c, f, g, h, j	e,i,k,l
c	b, g, j, k	e,f,h,i,l
e	f, g, i, j, k	b,c,h,l
f	b, e, g, j	c,h,i,k,l
g	b, c, e, f, h, i, j, k, l	-
h	b, g, i, j, l	c,e,f,k
i	e, g, h, j	b,c,f,k,l
j	b, c, e, f, g, h, i, k, l	-
k	c, e, g, j, l	b,f,h,i
l	g, h, j, k	b,c,e,f,i

Dari tabel 2 graf kompatibel dan tidak kompatibel pada persimpangan karangwaru akan dimodelkan dalam bentuk graf kompatibel seperti yang terlihat pada gambar 6.

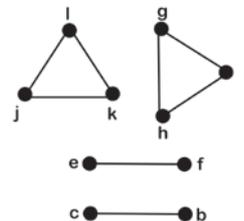


Gambar 6: Bentuk Graf Kompatibel pada Persimpangan Karangwaru

Pada gambar 6 bentuk graf kompatibel untuk titik a menunjukkan arus lalu lintas di a, titik b menunjukkan arus lalu lintas di b, titik c menunjukkan arus lalu lintas di c, dan begitu pula dengan titik d, e, f, g, h, i, j, k, dan l.

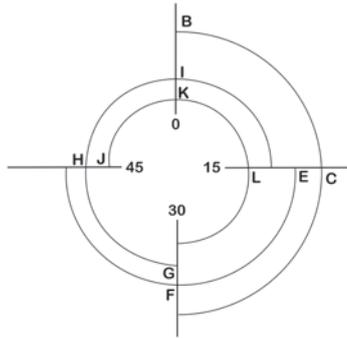
3.3 Penerapan Graf Kompatibel Untuk Menentukan Waktu Tunggu Total Optimal

Dalam menentukan waktu tunggu total optimal di persimpangan karangwaru akan dicari subgraf lengkap pada jalur-jalur di gambar 5. Bentuk subgraf lengkap dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7: Subgraf Lengkap Mengikuti Isyarat Lampu Lalu Lintas

Subgraf lengkap pada gambar 7 diperoleh himpunan titik {jkl,ghi,ef,cb} dan diperoleh 4 subgraf lengkap yang memuat 3 titik dan 2 titik. Untuk itu dengan mengasumsikan lampu lalu lintas itu beroperasi selama 60 detik (1 menit) tiap putaran, maka salah satu penyelesaian adalah membiarkan setiap titik berjalan selama 60 detik : 4 subgraf lengkap = 15 detik tiap periode. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada diagram jam pada gambar 8.



Gambar 8: Diagram Jam Arus Mengikuti Isyarat Lampu Lalu Lintas

Karena dalam 1 subgraf lengkap terdiri dari 3 titik dan 2 titik yang terbentuk maka setiap periode 60 detik, arus dari tiap jalur berjalan selama 3×15 detik = 45 detik dan 2×15 detik = 30 detik. Karena terdapat 10 titik pada subgraf lengkap diatas, maka untuk waktu tunggu total optimalnya 10×15 detik = 150 detik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Hasil perhitungan waktu tunggu total optimal dengan menggunakan graf kompatibel pada persimpangan karagwaru dengan arus lalu lintas mengikuti isyarat lampu lalu lintas menghasilkan waktu tunggu total 150 detik, sedangkan pengaturan lampu lalu lintas yang sudah diterapkan adalah 506 detik dapat dilihat pada tabel 1. Hasil perhitungan waktu tunggu total optimal berdasarkan graf kompatibilitas dengan pengaturan yang sudah diterapkan di setiap persimpangan terlihat sangat berbeda. Dengan menggunakan graf kompatibel menghasilkan waktu tunggu total yang lebih optimal.

4.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penyempurnaan model graf kompatibilitas dari sistem lalu lintas pada persimpangan karangwaru dengan menambah asumsi-asumsi dan variabel-variabel yang digunakan, sehingga dapat diperoleh model yang lebih mendekati situasi sebenarnya. Menambahkan variabel seperti

jumlah kendaraan, jenis kendaraan, dan lebar jalan yang sesuai dengan situasi sebenarnya.

REFERENSI

- [1] Poernamasari, I., Tumilaar, R., & Montolalu, E.J.C., 2019, Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas dengan Menggunakan Metode Webster (Studi Kasus Persimpangan Jalan Babe Palar), *Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 8(1), 27-35.
- [2] Fanani, Aris. 2016. Optimasi Waktu Tunggu Lampu Lalu Lintas Dengan Menggunakan Graf Kompatibel Sebagai Upaya Mengurangi Kemacetan. *Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(1), 45-50.
- [3] Hardianti, R.D. 2013. *Penerapan Graf Kompatibel pada Penentuan Waktu Tunggu Total Optimal Lampu Lalu Lintas di Persimpangan Jalan*. Disertasi Tidak Diterbitkan. Semarang: Program Pascasarjana Unnes.
- [4] Miftahurrahman. 2016. *Aplikasi Teori Graf dalam Pengaturan Lampu Lalu Lintas*. Disertasi Tidak Diterbitkan. Makasar: Program Pascasarjana Universitas Islam Negeri Alauddin Makasar.
- [5] Farida, F., 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 Mengurangi Kemacetan. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. 14(3), 389-398.
- [6] Dishub. 2019. *Laporan Survei Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) di Kabupaten Tuban 2019*. Tuban: Dinas Perhubungan Tuban.
- [7] Julianto, E. 2010. Hubungan Antara Kecepatan, Volume dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*. 2(2) 151-160.