

## PERBANDINGAN WAKTU TUNGGU OPTIMAL KENDARAAN PADA DUA PERSIMPANGAN JALAN MENGGUNAKAN TEORI GRAF

**Hasrin Lamote\***

IAIN Kendari, Kendari-Sulawesi Tenggara, Indonesia, 93116.

**Hasbiah Demmatadju**

Kemenag Agama kota Kendari, Kendari-Sulawesi Tenggara, Indonesia, 93113

**Abstrak.** Dua arus lalu lintas dikatakan kompatibel apabila kedua arus tersebut dapat berjalan bersamaan dengan aman atau tidak adanya perpotongan jalur. Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil perhitungan waktu tunggu total optimal dengan menggunakan graf kompatibel di dua persimpangan yaitu simpang empat yang berada di antara dinas pendidikan Sultra dan TK Kuncup Pertiwi dengan simpang empat di antara taman Kota Kendari dan Kantor Kearsipan Perpustakaan Sulawesi Tenggara. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil bahwa waktu tunggu total dengan menggunakan graf kompatibel pada simpang empat yang berada di antara depan dinas pendidikan Sultra dan TK Kuncup Pertiwi lebih optimal yaitu hanya 150 detik dibandingkan dengan persimpangan antara taman Kota Kendari dan Kantor Kearsipan Perpustakaan Sulawesi Tenggara yaitu 180 detik. Namun demikian, berdasarkan hasil hitung dengan menggunakan graf kompatibel diperoleh hasil yang sebaliknya.

**Kata Kunci:** graf kompatibel, waktu tunggu, simpang empat, lampu lalu lintas.

**Abstract.** Two traffic flows are said to be compatible if the two flows can run together safely or if there is no intersection. The purpose of this study was to compare the results of calculating the optimal total waiting time using a compatible graph at two intersections, namely the four intersections between the Southeast Sulawesi education office and the Kuncup Pertiwi Kindergarten with the four intersections between the Kendari City Park and the Southeast Sulawesi Library Archives Office. Based on the research, it was found that the total waiting time using a compatible graph at the intersection of four which is in front of the Southeast Sulawesi education office and the Kuncup Pertiwi Kindergarten is more optimal, namely only 135 seconds compared to the intersection between Kendari City Park and the Southeast Sulawesi Library Archive Office, which is 180 seconds. However, based on the results of calculations using compatible graphs, the opposite results are obtained.

**Keywords:** intersection of four; compatible graph; waiting time; traffic lights

Sitasi: Lamote, H., & Demmatadju, H. 2023. Perbandingan Waktu Tunggu Optimal Kendaraan pada Dua Persimpangan Jalan Menggunakan Teori Graf. *MES (Journal of Mathematics Education and Science, 9(1): 23-30.*

Submit:  
28 September 2023

Revisi:  
13 Oktober 2023

Publish:  
18 Oktober 2023

### PENDAHULUAN

Dengan semakin berkembangnya zaman dan teknologi, peran matematika semakin diperlukan untuk menopang keberlangsungan perkembangan tersebut. Dengan demikian, suatu hal yang tidak dapat disangkal bahwa setiap bagian ilmu pengetahuan dan teknologi, baik murni maupun terapan, pastinya akan membutuhkan matematika sebagai ilmu bantu. Dalam kehidupan sehari-hari, ilmu matematika juga biasa digunakan pada bidang ekonomi, lalu lintas/transportasi, pertanian dan sebagainya.

\*Corresponding Author: [hasrinlamote@gmail.com](mailto:hasrinlamote@gmail.com)

Dalam bidang transportasi, ilmu matematika digunakan untuk mengatasi masalah transportasi secara umum dan lalu lintas pada khususnya, seperti tingkat kemacetan yang diakibatkan dengan tinggi tingkat mobilitas warga suatu kota. Semakin tinggi mobilitas warga kota, semakin tinggi pula mobilitasnya. Apabila peningkatan perjalanan ini tidak diikuti dengan peningkatan infrastruktur dan juga pengaturan transportasi yang memadai seperti sarana dan prasarana di jalan, pengaturan kendaraan dan kecepatannya, perilaku pemakai jalan, dan pengatur lalu lintas, maka akan menimbulkan kesulitan mobilitas, terutama berupa kemacetan (Apriyono T. & Rumlus D., 2021). Kemacetan tersebut terjadi akibat adanya konflik pergerakan yang berasal dari setiap arah kaki simpangannya. Salah satu cara untuk mengurangi konflik ini dalam rangka melakukan pengendalian kendaraan dalam rangka mengoptimalkan persimpangan adalah dengan cara mengatur volume kendaraan yang melewatinya (Mustikarani W. & Suherdiyanto, 2016).

Persimpangan adalah bagian terpenting dari setiap jalan raya. Persimpangan yang padat seperti yang berada di sekitar pusat perbelanjaan apabila tidak terencana dan tertata dengan baik akan mengganggu aksesibilitas, kecepatan, biaya operasi, waktu tempuh, keamanan dan kenyamanan yang ada di persimpangan tersebut (Ruth et al., 2019). Setiap persimpangan pada jalan raya pada umumnya akan selalu terdiri dari pergerakan kendaraan yang kadang kala arahnya kompatibel dan tidak jarang memiliki arah yang bersilangan. Pergerakan lalu lintas yang demikian ini perlu dikendalikan dengan berbagai cara yang optimal sesuai dengan jenis persimpangan tersebut demi meminimalisir terjadinya kecelakaan.

Pergerakan kendaraan merupakan perangkat utama dalam pengendalian persimpangan. Teori lalu lintas merupakan suatu fenomena fisik dengan tujuan untuk memahami dan meningkatkan pergerakan kendaraan bermotor khususnya dan masalah yang berkaitan dengan hal itu seperti kemacetan pada arus lalu lintas (Baruah & Baruah, 2012). Permasalahan yang sering muncul adalah tentang teknik pengaturan waktu dan juga pengaturan shift kendaraan yang tidak sesuai dengan volume serta karakteristik jenis kendaraan yang datang. Untuk itu perlunya memvisualisasikan objek yang ada di daerah yang rawan macet untuk membantu memahami pola antrian guna menentukan optimalisasi sinyal lalu lintas dan meminimalkan waktu tunggu.

Bagian dari ilmu matematika yang aplikasinya digunakan dalam bidang transportasi adalah graf. Dalam matematika, materi graf akan ditemukan dalam matematika diskrit. Secara sederhana, graf dikenal sebagai diagram yang berisi beberapa informasi khusus yang akan memiliki makna apabila diinterpretasi secara tepat. Teori graf sudah menjadi salah satu topik yang diperhatikan banyak orang, karena memiliki banyak model yang dianggap sangat berguna untuk diaplikasikan dalam konteks yang lebih luas, seperti mengatur jaringan komunikasi, sistem transportasi, ilmu pemrograman komputer dan masih banyak lainnya (Budayasa I.K., 2007; PalSingh & Vandana, 2014; Jonathan L Gross et al., 2018). Salah satu teori graf yang dewasa ini sering digunakan dalam bidang transportasi adalah graf kompatibilitas. Graf ini biasa dipakai dalam hal penentuan waktu tunggu kendaraan dan juga mengatur kelancaran arus lalu lintas. Kaidah yang dipakai dalam hal ini adalah arus lalu lintas dikatakan kompatibel apabila dua buah arus tersebut bisa berjalan bersamaan tanpa adanya perpotongan arus sehingga keduanya aman (Khoirotn Nisa & Muzdalifah, 2021).

Menurut beberapa hasil penelitian sebelumnya seperti Miftahurrahman (2016) dan Farida et al. (2020) dapat diketahui bahwa graf kompatibel ternyata dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah lampu lalu lintas dan juga penentuan total waktu tunggu yang optimal di persimpangan jalan. Persimpangan antara taman kota Kendari dan lapangan ex-MTQ Sultra merupakan dua simpang empat yang memiliki lampu lalu lintas. Ke dua simpang empat ini memiliki jarak yang relatif dekat sehingga untuk melewati keduanya berdasarkan asumsi jarak tentunya tidak membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan simpang lainnya yang memiliki jarak yang relatif lebih jauh. Disamping itu, berdasarkan data lapangan, diketahui

bahwa ruas jalan yang melalui ke dua simpang empat tersebut semuanya memiliki lebar lebih dari 7 meter, mempunyai minimal dua lajur dan semuanya dianggap dua arah (Saadillah et al., 2022; Lagega et al., 2020). Hal ini berarti bahwa semua jalan tersebut tergolong jalan kelas II (Permen PUPR, 2018). Namun demikian karena kedua simpang tersebut memiliki lampu lalu lintas bersinyal, tentunya menarik untuk dikaji lebih jauh, manakah dari kedua simpang berlampu lalu lintas tersebut yang memiliki waktu tunggu yang relatif lebih efektif dalam rangka mengatur pergerakan kendaraan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode observasi dalam rangka mengumpulkan data melalui pengamatan atau peninjauan objek penelitian secara langsung. Setiap data yang diambil tersebut diupayakan sedemikian rupa agar objek yang menjadi pusat penelitian mempunyai peluang yang sama untuk bisa dipilih dari populasi. Adapun yang menjadi sasaran utama dari penelitian kali ini adalah pengamatan secara langsung terhadap jumlah waktu tunggu pada dua persimpangan empat yang berada di jalan area depan taman kantor wali kota Kendari (data primer). Data yang dikumpulkan tersebut meliputi jumlah waktu lamanya lampu lalu lintas menyala (lampu merah, kuning dan hijau) dan juga memperhatikan keadaan yang terjadi di persimpangan pada saat itu. Pengamatan ini dilakukan dengan tidak menjadi pengganggu arus lalu lintas. Adapun posisi pengamat yaitu pada daerah di tepi jalan raya. Data hasil pengamatan tersebut diasumsikan sudah bisa mewakili hari-hari seperti biasanya.

Penelitian ini berlokasi di dua simpang empat antara taman kota Kendari dan Eks MTQ yang memiliki lampu lalu lintas. Lokasi penelitian tersebut dapat digambarkan secara lengkap melalui gambar yang dibulati dari google map berikut.



**Gambar 1.** Lokasi Pengamatan Dua Simpang

Pengambilan data lamanya nyala lampu lalu lintas dilakukan hanya pada waktu pagi, siang, maupun sore hari dengan cara melakukan observasi secara langsung di lokasi penelitian. Untuk pengambilan data, peneliti membaginya ke dalam empat periode waktu, yaitu pagi hari dilakukan 2 kali, siang hari dilakukan 1 kali dan sore hari juga dilakukan 1 kali. Pada pagi hari pertama, waktu pengamatan dilakukan pada selang pukul 07.00-08.00 WITA, dengan dasar banyaknya aktifitas pekerja maupun pelajar yang menuju ke tempatnya masing-masing pada waktu tersebut. Pada pagi hari kedua, waktu pengamatan dilakukan pada selang pukul 09.30-10.30 WITA, sebagai aktivitas yang tidak terduga. Pada siang hari, waktu pengamatan dilakukan pada selang pukul 12.30-13.30 WITA, dengan dasar banyaknya aktifitas pelajar yang pulang dan juga aktivitas lain pada waktu tersebut. Pada sore hari, waktu pengamatan dilakukan pada selang pukul 16.00-17.00 WITA, dengan dasar banyaknya pekerja yang balik

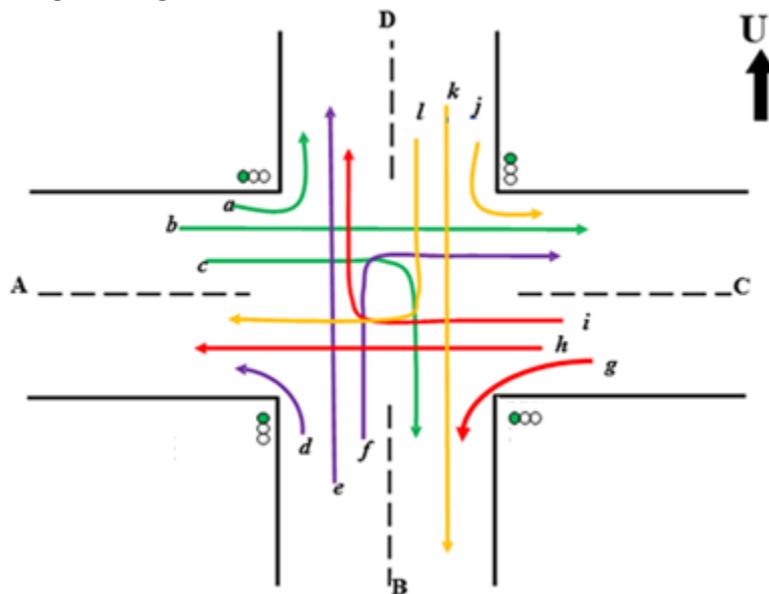
ke rumahnya. Sebagai data tambahan, dilakukan pula pengamatan terhadap kepadatan kendaraan bermotor roda dua dan roda empat dari setiap jalur simpang empat tersebut. Hasil dari pengambilan data lampu lalu lintas tersebut selanjutnya disajikan menjadi bentuk graf kompatibel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membahas tentang bagaimana mengaplikasikan graf kompatibel pada pengaturan lalu lintas khususnya di perempatan jalan yang berlokasi di dua persimpangan empat berlampunya area jalan depan taman kantor wali kota Kendari. Hasil penelitian ini antara lain berisi tentang arus yang terjadi pada persimpangan dan siklus waktu lampu lalu lintas tersebut.

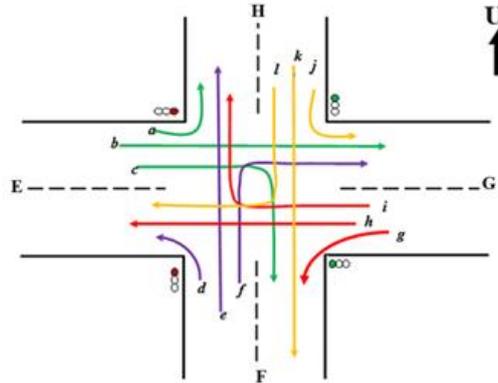
### Sistem Arus Lalu Lintas di Persimpangan

Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh di lapangan, jalur melalui simpang empat yang berada di antara Taman Kota Kendari dan Kantor Kearsipan perpustakaan Sulawesi Tenggara ternyata mengikuti isyarat lampu seperti disajikan pada gambar 1 lampu ABCD. Hal ini memiliki arti bahwa tidak ada belok kiri langsung. Selanjutnya jika diubah menjadi bentuk graf kompatibel untuk sistem lalu lintas pada persimpangan bersinyal tersebut diperoleh contoh skema seperti pada gambar gambar 2 berikut



**Gambar 2.** Sistem Lalu Lintas pada Persimpangan Mengikuti isyarat Lampu Lalu Lintas

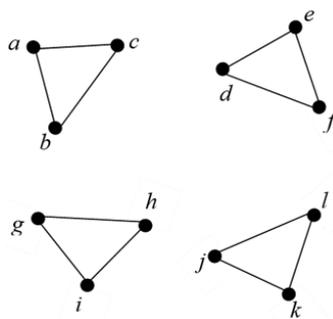
Selanjutnya, untuk jalur melalui simpang empat yang berada di antara depan dinas pendidikan Sultra dan TK Kuncup Pertiwi seperti disajikan pada gambar 1 lampu EFGH, ternyata hanya ada tiga jalur yang tidak mengikuti isyarat lampu. Hal ini memiliki arti bahwa terdapat 2 jalur belok kiri langsung dan hanya 2 jalur kiri yang mengikuti isyarat lampu yaitu jalur kiri menuju ke arah TK Kuncup Pertiwi dan samping Kantor Dinas Dikbud Sulawesi Tenggara. Selanjutnya jika diubah menjadi bentuk graf kompatibel untuk sistem lalu lintas pada persimpangan bersinyal tersebut diperoleh contoh skema seperti pada gambar 3 dengan bulatan merah (●) menandakan jalur belok kiri langsung.



**Gambar 3.** Sistem Lalu Lintas pada Persimpangan Ada Belok Kiri Langsung

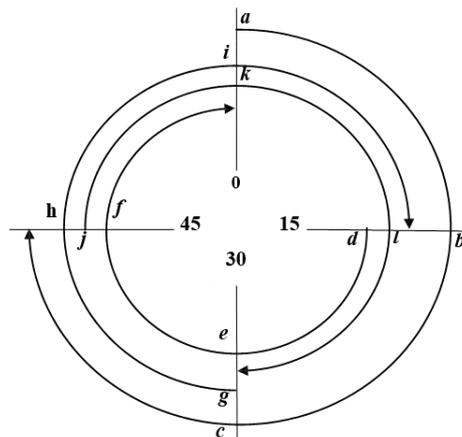
**Penerapan Graf Kompatibel pada Penentuan Waktu Tunggu Total Optimal**

Untuk menentukan waktu tunggu yang optimal sistem lalu lintas pada persimpangan mengikuti isyarat lampu lalu lintas, maka terlebih dahulu kita harus menemukan subgraf lengkap pada setiap jalur dari gambar 2. Bentuk subgraf lengkap tersebut selanjutnya disajikan pada gambar 4 berikut.



**Gambar 4.** Sub Graf Ketika Tidak Ada Belok Kiri Langsung

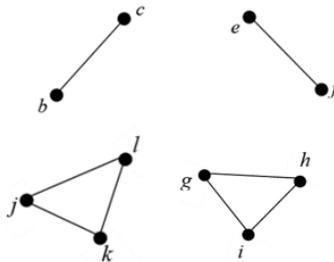
Berdasarkan subgraf lengkap dari gambar 4 di atas, dapat diperoleh himpunan titik {abc, def, ghi, jkl} yang membentuk 4 subgraf lengkap, yang mana setiap subgraf tersebut memuat 3 titik. Dengan demikian, apabila diasumsikan lampu lalu lintas yang diamati tersebut beroperasi selama 60 detik pada setiap putaran, maka sebagai salah satu solusinya adalah dengan membiarkan setiap arus lalu lintas itu berjalan dalam waktu 60 detik per 4 subgraf lengkap yaitu 15 detik. Simulasi perhitungan tersebut disajikan dalam bentuk diagram jam pada gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Diagram Lalu Lintas dengan Asumsi Tidak Ada Belok Kiri Langsung

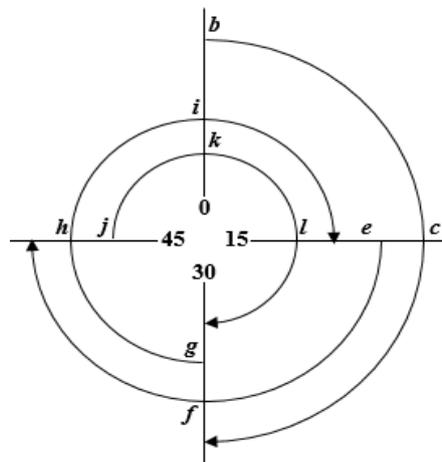
Kemudian, sebagai akibat dari adanya 3 titik dalam 1 subgraf lengkap maka untuk setiap periode 60 detik, arus kendaraan dari tiap jalur tersebut akan berjalan dalam waktu  $3 \times 15$  detik = 45 detik. Karena subgraf lengkap diatas memiliki 12 titik, maka waktu tunggu totalnya adalah  $12 \times 15$  detik = 180 detik.

Selanjutnya dalam rangka menentukan waktu tunggu total yang optimal dari sistem lalu lintas pada persimpangan dengan 2 jalur tidak mengikuti isyarat lampu lalu lintas, maka terlebih dahulu kita mencari subgraf lengkap dari setiap jalur di gambar 3. Bentuk subgraf lengkap tersebut selanjutnya disajikan pada gambar 5 berikut.



**Gambar 6.** Sub Graf Ketika Ada Belok Kiri Langsung

Berdasarkan subgraf lengkap yang disajikan dari gambar 6, dapat diperoleh himpunan titik {ab, ef, ghi, jkl} yang membentuk 4 subgraf lengkap, yang mana setiap subgraf tersebut memuat 3 titik dan 2 titik. Dengan demikian, apabila diasumsikan lampu lalu lintas yang diamati tersebut beroperasi selama 60 detik pada setiap putaran, maka sebagai salah satu solusinya adalah dengan membiarkan setiap arus lalu lintas itu berjalan dalam waktu 60 detik per 4 subgraf lengkap yaitu 15 detik. Simulasi perhitungan tersebut disajikan dalam bentuk diagram jam pada gambar 7 berikut.



**Gambar 7.** Diagram Lalu Lintas dengan Asumsi 3 Belok Kiri Langsung

Kemudian, sebagai akibat dari adanya 3 titik dan 2 titik dalam 1 subgraf lengkap maka untuk setiap periode 60 detik, arus kendaraan dari tiap jalur tersebut akan berjalan dalam waktu  $3 \times 15$  detik = 45 detik untuk arus dari 2 titik, sedangkan untuk arus dari 2 titik akan berjalan selama  $2 \times 15$  detik = 30 detik. Karena subgraf lengkap diatas memiliki 10 titik, maka waktu tunggu totalnya adalah  $10 \times 15$  detik = 150 detik.

### Rekapitulasi Rata-rata Lama siklus waktu lampu lalu lintas pada Persimpangan

Berdasarkan tabel rata-rata lama siklus lampu lalu lintas pada dua persimpangan di atas, maka dapat dibuatkan rekapitulasi pada masing-masing persimpangan. Untuk simpang empat yang berada di antara Taman Kota Kendari dan Kantor Kearsipan perpustakaan Sulawesi Tenggara

disajikan pada tabel 1, selanjutnya untuk simpang empat yang berada di antara Taman Kota Kendari dan TK Kuncup Pertiwi disajikan pada tabel 2.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Lama siklus waktu lampu lalu lintas pada dua persimpangan antara taman Kota Kendari dan Kantor Kearsipan Perpustakaan Sulawesi Tenggara

<b>Daftar Lampu</b>	<b>Merah (detik)</b>	<b>Hijau (detik)</b>	<b>Kuning (detik)</b>
Lampu A	71	18	3
Lampu B	72	19	3
Lampu C	67	15	3
Lampu D	70	22	3
<b>Jumlah</b>	<b>280</b>	<b>74</b>	<b>12</b>
<b>Rata-Rata</b>	<b>70</b>	<b>19</b>	<b>3</b>

Berdasarkan tabel 1 tersebut, dapat diketahui bahwa total waktu tunggu pada lampu lalu lintas di persimpangan antara taman Kota Kendari dan Kantor Kearsipan Perpustakaan Sulawesi Tenggara adalah 280 detik dan waktu tunggu ke 4 lampu lalu lintas tersebut relatif sama berkisar selama 70 detik, dengan waktu tunggu tercepat berada pada lampu C, yaitu 67 detik pada lampu lalu lintas antara Kantor Kearsipan Perpustakaan Sulawesi Tenggara dan Samping Bulog Sulawesi Tenggara.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Lama siklus waktu lampu lalu lintas pada persimpangan antara Taman Kota Kendari/Ex MTQ dan TK Kuncup Pertiwi

<b>Daftar Lampu</b>	<b>Merah (detik)</b>	<b>Hijau (detik)</b>	<b>Kuning (detik)</b>
Lampu E	114	29	3
Lampu F	100	39	3
Lampu G	105	38	3
Lampu H	107	37	3
<b>Jumlah</b>	<b>426</b>	<b>143</b>	<b>12</b>
<b>Rata-Rata</b>	<b>107</b>	<b>36</b>	<b>3</b>

Berdasarkan tabel 2 tersebut, dapat diketahui bahwa total waktu tunggu pada lampu lalu lintas di persimpangan antara Taman Kota Kendari/Ex MTQ dan TK Kuncup Pertiwi adalah 426 detik dan waktu tunggu ke 4 lampu lalu lintas tersebut relatif sama berkisar selama 107 detik, dengan waktu tunggu tercepat berada pada lampu F, yaitu lampu lalu lintas antara TK Kuncup Pertiwi dan Kantor Dinas Pendidikan Sulawesi Tenggara.

Dengan demikian bahwa berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa total waktu tunggu pada persimpangan antara taman Kota Kendari dan Kantor Kearsipan Perpustakaan Sulawesi Tenggara (Gambar 2) lebih singkat dari pada persimpangan antara Taman Kota Kendari/Ex MTQ dan TK Kuncup Pertiwi (Gambar 3). Namun demikian, berdasarkan hasil hitung dengan menggunakan graf kompatibel diperoleh hasil yang sebaliknya. Hal ini dikarenakan jalur persimpangan antara Taman Kota Kendari/Ex MTQ dan TK Kuncup Pertiwi merupakan jalur padat kendaraan sehingga pengaturan lampu lalu lintasnya telah menggunakan sensor pendeteksi kepadatan kendaraan yang telah terbukti efektif mengatur lalu lintas (Furqon et al., 2020).

## KESIMPULAN

Hasil perhitungan dengan menggunakan graf kompatibel pada dua simpang antara taman kota Kendari dan lapangan ex-MTQ Sultra diperoleh hasil bahwa waktu tunggu total yang

paling optimal adalah pada simpang empat yang berada di antara depan dinas pendidikan Sultra dan TK Kuncup Pertiwi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyono T., & Rumlus D. (2021). Analisis Faktor-Faktor Yang Mengakibatkan Kemacetan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Budi Utomo Dan Jalan Hasannudin Di Kota Timika. *Jurnal Kritis*, 5, 96–114. Diakses di <https://ejournal.stiejb.ac.id/index.php/jurnal-kritis/article/view/179>
- Baruah, A. K., & Baruah, N. (2012). Signal Group of Compatible Graph in Traffic Control Problems. *Int. J. Advanced Networking and Applications*, 4(1), 1473–1480.
- Budayasa I.K. (2007). *Teori graf dan Aplikasinya* (1st ed.). Unesa University Press.
- 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>
- Furqon, S., Santoso, I., & Adi Soetrisno, Y. A. (2020). Perancangan Sistem Pengontrolan Lampu Lalu Lintas Berdasarkan Tingkat Kepadatan Kendaraan Menggunakan Metode Fuzzy. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(1), 88–96. <https://doi.org/10.14710/transient.v9i1.88-96>
- Jonathan L Gross, Jay Yellen, & Mark Anderson. (2018). *Graph Theory and its Applications* (3rd Editions). Chapman and Hall/CRC.
- Khoirotun Nisa, A., & Muzdalifah, L. (2021). Optimasi Waktu Tunggu Lalu Lintas Dengan Menggunakan Graf Kompatibel Sebagai Upaya Mengurangi Kemacetan. *Jurnal Matematika*, 03(01), 1–5. <https://doi.org/10.55719/mv.v3i1.240>
- Lagage, R., Magribi, L. M., Harimudin, J., & Hidayat, A. (2020). Pemetaan Tingkat Layanan Jalan (M.T. Haryono, Sao-Sao, Abunawas dan Brigjend M.J.) Kendari. *JAGAT: Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi*, 4(1), 107–115. Diakses di <https://ojs.uho.ac.id/index.php/jagat/article/view/11956>
- Miftahurrahman. (2016). *Aplikasi Teori Graf dalam Pengaturan Lampu Lalu Lintas* (Disertasi tidak dipublikasi). Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar.
- Mustikarani W., & Suherdiyanto. (2016). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kemacetan Lalu Lintas di Sepanjang Jalan H Rais A Rahman (Sui Jawi) Kota Pontianak. *Edukasi: Jurnal Pendidikan*, 14, 143–155. Diakses di <https://journal.ikipgripta.ac.id/index.php/edukasi/article/view/292>
- PalSingh, R., & Vandana, V. (2014). Application of Graph Theory in Computer Science and Engineering. *International Journal of Computer Applications*, 104(1), 10–13. <https://doi.org/10.5120/18165-9025>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 05/PRT/M/2008, Tentang Penetapan Kelas Jalan Berdasarkan Fungsi Dan Intensitas Lalu Lintas Serta Daya Dukung Menerima Muatan Sumbu Terberat Dan Dimensi Kendaraan Bermotor. Jakarta: Menteri PUPR
- Ruth, G., Samuel, H., Rompis, Y. R., & Rumayar, A. L. E. (2019). Dampak Pusat Perbelanjaan Terhadap Sistem Kinerja Simpang (Studi Kasus : Giant Ekstra Kairagi, Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 905–912. Diakses di <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/download/24454/24130>
- Saadillah, M.R.A., Tama, Y. P., & Wardana, W. (2022). Penataan Lalu Lintas Pada Kawasan CBD Kota Kendari. 1(1), 1–11. Diakses di <http://digilib.ptdisttd.net/2147/>