

OPTIMASI WAKTU TUNGGU LAMPU LALU LINTAS MENGUNAKAN METODE WEBSTER PADA SIMPANG EMPAT TUGU ADIPURA BANJARBARU

OPTIMIZATION OF TRAFFIC SIGNAL WAITING TIME USING THE WEBSTER METHOD AT THE TUGU ADIPURA INTERSECTION, BANJARBARU

Sofyan Efendi¹, Pardi Affandi^{2§}

^{1,2}Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani
No.KM.36, Loktabat Sel., Kec. Banjarbaru Selatan, Kota Banjar Baru, Kalimantan Selatan
70714

[§]Correspondence: p_affandi@ulm.ac.id

Received 11th Nov 2025; Accepted 16th Apr 2026; Published 23rd Apr 2026;

Abstrak

Simpang empat Tugu Adipura Banjarbaru merupakan salah satu titik pertemuan arus lalu lintas yang padat sehingga sering terjadi antrian kendaraan dan peningkatan waktu tunggu, terutama pada jam sibuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan waktu siklus dan pembagian waktu hijau lampu lalu lintas menggunakan metode Webster. Data yang digunakan merupakan data primer yang diperoleh melalui observasi langsung dan rekaman kamera lalu lintas pada tiga periode waktu, yaitu pagi, siang, dan sore hari. Analisis dilakukan melalui beberapa tahapan, meliputi konversi volume kendaraan ke satuan mobil penumpang (SMP), perhitungan kapasitas jenuh, derajat kejenuhan, total waktu hilang, tingkat arus lalu lintas, serta penentuan siklus optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai total derajat kejenuhan pada ketiga periode waktu melebihi batas yang ditentukan ($Y > 1$), sehingga menghasilkan nilai siklus optimal yang tidak realistis (negatif). Hal ini mengindikasikan bahwa kapasitas simpang tidak mampu menampung volume kendaraan yang ada. Oleh karena itu, diperlukan upaya penanganan seperti peningkatan penggunaan transportasi umum atau pelebaran ruas jalan untuk menekan nilai Y . Akibatnya, nilai Y dapat berkurang hingga $Y < 1$ sehingga dapat dicari solusi siklus optimal dari tiap fase yang didasarkan pada hubungan antara kapasitas jalur (s_i), arus kendaraan (q_i), tingkat arus lalu lintas (y_i), dan total tingkat arus lalu lintas (Y).

Kata Kunci: Optimasi, metode Webster, lalu lintas, simpang empat, Banjarbaru.

Abstract

The Tugu Adipura four-way intersection in Banjarbaru is one of the major traffic nodes with high vehicle flow, often resulting in queues and increased waiting times, particularly during peak hours. This study aims to optimize the signal cycle time and the allocation of green time using the Webster method. The data used are primary data obtained through direct observation and traffic camera recordings during three time periods: morning, midday, and afternoon. The analysis was conducted through several stages, including the conversion of traffic volume into passenger car units (PCU),

calculation of saturation flow, degree of saturation, total lost time, traffic flow rate, and determination of the optimal cycle time. The results indicate that the total degree of saturation in all observed periods exceeds the acceptable limit ($Y > 1$), resulting in unrealistic (negative) optimal cycle times. This condition suggests that the intersection capacity is insufficient to accommodate the existing traffic volume. Therefore, mitigation efforts are required, such as increasing the use of public transportation or widening road segments to reduce the value of Y . Consequently, the value of Y can be reduced to $Y < 1$, allowing the determination of an optimal cycle time for each phase based on the relationship between lane capacity (s_i), traffic flow (q_i), traffic flow ratio (y_i), and total traffic flow ratio (Y).

Keywords: Optimization, Webster method, traffic, four-way intersection, Banjarbaru.

1. Pendahuluan

Matematika adalah cabang ilmu yang mendasari banyak ilmu lainnya dan selalu berhadapan dengan fenomena yang semakin kompleks [1]. Salah satu cabang matematika yaitu optimisasi. Berdasarkan [2], optimisasi ialah suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal atau optimal (nilai efektif yang dapat dicapai). Optimisasi dapat ditemui pada berbagai bidang, seperti ekonomi, transportasi, hingga manajemen lalu lintas. Dalam konteks artikel ini, optimisasi diterapkan pada Simpang empat Tugu Adipura.

Simpang empat Tugu Adipura merupakan pertemuan dari empat ruas jalan utama, yaitu Jalan Ahmad Yani arah timur, Jalan Ahmad Yani arah barat, Jalan Nangka, dan Jalan P. Suriansyah. Setelah dipasangnya lampu lalu lintas, terjadi perubahan pola pergerakan lalu lintas yang menyebabkan antrian kendaraan dan peningkatan waktu tunggu, terutama pada jam sibuk. Hal ini menandakan pentingnya pengaturan waktu sinyal yang efisien dan tepat sasaran.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah optimasi waktu lampu lalu lintas. Salah satu metode yang bisa digunakan yaitu Metode Webster. Menurut [3], Metode Webster merupakan metode yang digunakan Metode Webster dipakai untuk menghitung waktu optimal pergantian sinyal lampu lalu lintas. Metode ini didasarkan pada konsep perhitungan waktu siklus optimal dengan mempertimbangkan volume kendaraan dan waktu hilang selama transisi antar fase sehingga permasalahan di persimpangan dapat diminimalisir. Beberapa penelitian sebelumnya yang menerapkan Metode Webster untuk pengoptimalan lalu lintas yaitu pada [3] yang menerapkan Teori Graf dan Metode Webster pada persimpangan di Sungguminasa, Kabupaten Gowa. Penelitian lainnya yaitu pada [4] yang menerapkan Metode Webster untuk mengoptimalkan pengaturan lalu lintas di Persimpangan Jalan Babe Palar Kota Manado.

Penelitian ini akan menerapkan metode Webster pada simpang empat Tugu Adipura dengan asumsi bahwa tidak terdapat lampu hijau yang menyala secara bersamaan antar keempat ruas jalan, sehingga setiap arah kendaraan mendapatkan giliran lampu hijau secara bergantian. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung waktu siklus optimal dan alokasi waktu hijau untuk masing-masing fase.

2. Landasan Teori

2.1 Persimpangan

Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu, disini arus lalu lintas mengalami konflik [5]. Persimpangan memegang peranan penting dalam sistem transportasi karena menjadi pusat pergerakan kendaraan, baik yang berbelok, lurus, maupun berpindah jalur. Oleh karena itu, pengelolaan lalu lintas di persimpangan sangat krusial untuk menghindari kemacetan dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan.

2.2 Metode Webster

Metode Webster merupakan pendekatan empiris yang digunakan untuk menghitung siklus optimal sinyal lalu lintas pada simpang bersinyal. Tujuan utama metode ini adalah meminimalkan total tundaan (*delay*) yang dialami kendaraan pada simpang. Persamaan dasar untuk menentukan waktu siklus optimal adalah sebagai berikut [4][6]:

$$C_0 = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} \quad (1.1)$$

keterangan:

C_0 : waktu siklus optimal (detik)

L : total waktu hilang per siklus (detik)

Y : jumlah y_i

Setelah mendapatkan nilai siklus optimal, waktu hijau tiap fase dihitung secara proporsional terhadap tingkat kejenuhan masing-masing fase.

2.3 Lost Time (L)

Lost Time atau Waktu Hilang (L) adalah lama waktu satu siklus penuh pada saat tidak ada kendaraan [2]. Penghitungan ini mencakup tidak hanya waktu lampu merah, tetapi juga waktu merah-merah/kuning yang terjadi ketika kendaraan menunggu di persimpangan (*Starting-Up*) dan waktu yang diperlukan setelah lampu beralih (*Tail-off*) hingga kendaraan berhenti. Berdasarkan [4] dan [6], *lost time* dihitung dengan persamaan:

$$L = 2n + R \quad (1.2)$$

Keterangan:

n : Jumlah fase lampu

R : Waktu hilang akibat antrian kendaraan

2.4 Arus dan Kapasitas Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam satu satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam kendaraan per jam (kend/jam). Kapasitas adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat dilayani oleh suatu jalur dalam kondisi ideal. Rasio antara arus dan kapasitas disebut sebagai derajat kejenuhan, yang digunakan dalam metode Webster untuk menilai beban lalu lintas pada setiap fase sinyal. Nilai konversi emp disajikan dalam tabel berikut [4]:

Tabel 2.1 Konversi Kendaraan Terhadap Satuan Mobil Penumpang

Jenis Kendaraan	(emp) untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Sepeda Motor (MC)	1,3	1,3
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kndaraan Berat (HV)	0,2	0,4

2.5 Arus Jenuh (s_i)

Arus jenuh adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu pendekat simpang dalam satuan waktu tertentu selama kondisi lampu hijau menyala penuh dan tidak ada hambatan. Arus jenuh mencerminkan kapasitas ideal dari suatu jalur lalu lintas dan menjadi acuan dalam menghitung derajat kejenuhan dan pembagian waktu hijau. Berdasarkan [4], aliran jenuh dapat dihitung dengan cara:

Jika lebar jalan (W) > 5,5 m, digunakan:

$$s = 525 \times W \quad (1.3)$$

dengan:

s : Arus jenuh (*SMP/jam*)

W : Lebar jalan (*m*).

Jika lebar jalan (W) $\leq 5,5$ m, digunakan:

Tabel 2.2 Nilai s jika $W \leq 5,5$ m						
W	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
s	1.850	1.875	1.975	2.175	2.550	2.900

2.6 Pembagian Waktu Hijau Tiap Fase dalam Metode Webster

Waktu hijau untuk setiap fase dihitung berdasarkan proporsi derajat kejenuhan masing-masing fase terhadap total derajat kejenuhan. Berdasarkan [5], pembagian waktu hijau dihitung dengan:

$$g_i = \frac{y_i(C_0 - L)}{Y} \quad (1.4)$$

Keterangan:

g_i : waktu hijau efektif untuk fase ke- i (detik)

y_i : tingkat arus lalu lintas pada fase i

Y : jumlah y_i

C_0 : siklus optimal (detik)

L : total waktu hilang (detik).

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Pengumpulan Data

Sumber pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh dari hasil observasi ke lokasi penelitian serta pengamatan melalui kamera lalu lintas pada Lembaga Dinas Perhubungan Kota Banjarbaru.

3.2 Perhitungan dan Analisis Menggunakan Metode Webster

Langkah-langkah analisis dilakukan sebagai berikut:

- Konversi Volume Kendaraan ke SMP (Satuan Mobil Penumpang).
- Perhitungan Kapasitas Jenuh menggunakan Persamaan (1.3) atau Tabel 2.2.
- Perhitungan Tingkat Arus Lalu Lintas Tiap Fase [7]:

$$y_i = \frac{q_i}{s_i} \quad (1.5)$$

dengan:

y_i = derajat kejenuhan.

q_i = arus kendaraan pada fase ke - i .

s_i = kapasitas jalur pada fase ke - i .

- Perhitungan Total Derajat Kejenuhan: $Y = \sum y_i$.
- Perhitungan Total *Lost Time* dengan menggunakan Persamaan (1.3).
- Perhitungan Siklus Optimal dengan menggunakan Persamaan (1.1).
- Pembagian Waktu Hijau Tiap Fase dengan menggunakan Persamaan (1.2).
- Perhitungan Waktu Hijau Aktual: $k_i = g_i + l - a$
- Penyusunan Diagram Waktu Siklus.



Gambar 1. Peta Persimpangan Tugu Adipura Banjarbaru

Pengamatan dilakukan pada tiga periode waktu yaitu pagi, siang, dan sore hari. Data yang dicatat meliputi volume kendaraan berdasarkan jenis, lebar jalan masing-masing ruas, serta estimasi waktu lampu lalu lintas yang berlaku. Lama lampu tiap fase disajikan pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Data Lama Lampu Tiap Fase

Ruas Jalan	Hijau	Kuning	Merah	LJ
Ahmad Yani Timur	85	4	137	8,24
Ahmad Yani Barat	85	4	137	8,5
Jalan Nangka	18	4	204	10,2
Jalan P. Suriansyah	18	4	204	8,3

Hasil konversi kendaraan ke SMP disajikan pada Tabel 3.2, Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.2 Data Volume Kendaraan Tiap Fase Pagi (07.00 – 08.00 WITA)

Ruas Jalan	MC	LV	HV	SMP
Ahmad Yani Timur	1049	559	16	1925,9
Ahmad Yani Barat	1559	588	12	2617,1
Jalan Nangka	863	176	5	1298,9
Jalan P. Suriansyah	641	231	1	1064,5

Tabel 3.3 Data Volume Kendaraan Tiap Fase Siang (12.00 – 13.00 WITA)

Ruas Jalan	MC	LV	HV	SMP
Ahmad Yani Timur	934	669	22	1887,6
Ahmad Yani Barat	1240	962	24	2578,8
Jalan Nangka	520	203	10	881
Jalan P. Suriansyah	618	252	3	1056

Tabel 3.4 Data Volume Kendaraan Tiap Fase Sore (15.30 – 16.30 WITA)

Ruas Jalan	MC	LV	HV	SMP
Ahmad Yani Timur	1124	907	21	2372,4
Ahmad Yani Barat	1158	782	19	2291,2
Jalan Nangka	663	188	4	1050,7
Jalan P. Suriansyah	675	289	5	1167,5

3.3 Perhitungan dan Analisis Menggunakan Metode Webster

1. Kapasitas Jenuh (S_i)

Berdasarkan data lebar keempat ruas jalan, karena lebar jalan (W) $> 5,5 \text{ m}$ maka kapasitas jenuh (s_i) dihitung dengan Persamaan (1.3). Nilai kapasitas jenuh dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.5 Nilai Kapasitas Jenuh Keempat Fase

Ruas Jalan	$525 \times W$	Kapasitas Jenuh (s_i)
Ahmad Yani Timur	$525 \times 8,24$	4.326 smp/jam
Ahmad Yani Barat	$525 \times 8,5$	4.462,5 smp/jam
Jalan Nangka	$525 \times 10,2$	5.355 smp/jam
Jalan P. Suriansyah	$525 \times 8,3$	4.357,5 smp/jam

2. Tingkat Arus Lalu Lintas (y_i)

Dengan menggunakan Persamaan (1.5) tingkat arus lalu lintas keempat fase ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3.6 Tingkat Arus Lalu Lintas Keempat Fase Pagi Hari

Ruas Jalan	y_i
Ahmad Yani Timur	0.4452
Ahmad Yani Barat	0.5865
Jalan Nangka	0.2426
Jalan P. Suriansyah	0.2443
Total (Y)	1.5185

Tabel 3.7 Tingkat Arus Lalu Lintas Keempat Fase Siang Hari

Ruas Jalan	y_i
Ahmad Yani Timur	0.4363
Ahmad Yani Barat	0.5779
Jalan Nangka	0.1645
Jalan P. Suriansyah	0.2423
Total (Y)	1.4211

Tabel 3.8 Tingkat Arus Lalu Lintas Keempat Fase Sore Hari

Ruas Jalan	y_i
Ahmad Yani Timur	0.5484
Ahmad Yani Barat	0.5134
Jalan Nangka	0.1962
Jalan P. Suriansyah	0.2679
Total (Y)	1.5260

3.4 Perhitungan Siklus Optimal

Dengan menggunakan Persamaan (1.1), maka siklus optimal saat pagi, siang, dan sore hari disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.9 Siklus Optimal Untuk Masing-masing Kondisi Waktu

Siklus Optimal	
Pagi	-44.3582

Siang	-54.6214
Sore	-43.7281

Berdasarkan Tabel 3.9 diperoleh siklus optimal yang tidak realistis karena bernilai negatif, hal ini disebabkan karena nilai $Y > 1$ yang mengindikasikan bahwa arus lalu lintas melebihi kapasitas yang dapat ditangani oleh sistem pengaturan lampu lalu lintas yang ada. Beberapa solusi yang dapat dilakukan diantaranya:

1. Peningkatan penggunaan transportasi umum untuk mengurangi volume kendaraan di jalan. Volume kendaraan yang berkurang dapat menekan nilai arus kendaraan (q_i) sehingga nilai y_i semakin mengecil. Akibatnya, nilai Y dapat berkurang hingga $Y < 1$. Hal ini didasarkan pada hubungan antara q_i , y_i dan Y pada Persamaan (1.5).
2. pelebaran ruas jalan untuk memperbesar nilai kapasitas jalur (s_i). Nilai s_i yang semakin besar dapat memperkecil nilai y_i sehingga nilai Y dapat berkurang hingga $Y < 1$. Hal ini didasarkan pada hubungan antara s_i , y_i dan Y pada Persamaan (1.5).

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis pengaturan lampu lalu lintas dengan metode Webster, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem pengaturan lampu yang optimal memerlukan pertimbangan mendalam terhadap total arus lalu lintas (Y) yang dihitung untuk setiap fase. Ketika nilai $Y > 1$, hal ini menunjukkan bahwa kapasitas sistem pengaturan lampu lalu lintas telah melebihi batas kemampuan jalan dalam menangani volume kendaraan yang ada. Nilai $Y > 1$ dapat diatasi dengan menekan nilai arus kendaraan dengan cara meningkatkan penggunaan transportasi umum, solusi lainnya yaitu dengan memperbesar kapasitas jalur dengan cara memperlebar ruas jalan sehingga nilai Y dapat mengecil hingga $Y < 1$.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama proses penyusunan artikel ini serta kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pengumpulan data.

Daftar Pustaka

- [1] R. N. Amalia and P. Affandi, "Penerapan pewarnaan graf untuk optimalisasi penjadwalan kuliah di program studi matematika," vol. 3, pp. 34–42, 2025.
- [2] M. P. Haidi and P. Affandi, "Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization (ACO) Rute Terpendek Studi Kasus Distribusi Minyak Goreng Toko," vol. 3, pp. 9–17, 2025.
- [3] U. K. Lubis, R. Fitriani, M. Bulayi, and J. A. Ade, "Optimizing Traffic Light Timing Using Graph Theory: A Case Study at Urban Intersections," vol. 2, no. 2, 2024, doi: 10.37251/ijome.v2i2.1361.
- [4] I. Poernamasari, R. Tumilaar, and C. E. J. C. Montolalu, "Optimasi Pengaturan Lampu Lalu Lintas dengan menggunakan Metode Webster (Studi Kasus Persimpangan Jalan Babe Palar)," *d'CARTESIAN*, vol. 8, no. 1, p. 27, 2019, doi: 10.35799/dc.8.1.2019.24590.
- [5] I. W. Kustanrika, "Perhitungan Metode Webster pada Persimpangan Bersinyal," *J. Kilat*, vol.

- 4, no. 1, 2020, [Online]. Available: <http://id.wikipedia.org/wiki/persimpangan>
- [6] C. Chairani, I. Jaya, and H. Cipta, "Optimasi Waktu Tunggu Total Dengan Metode Webster dalam Mengatasi Kemacetan Lalu Lintas Persimpangan Jalan Kolonel Yos Sudarso," *FARABI J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 4, no. 2, pp. 175–180, 2021, doi: 10.47662/farabi.v4i2.226.
- [7] C. Noval, I. A. Virgono, and R. E. Saputra, "Optimasi Lampu Lalu Lintas Cerdas Menggunakan Metod Webster Optimization Smart Traffic Light Using Webster Method," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 6236–6243, 2018.