

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Provinsi Sumatera Utara terletak di bagian utara Pulau Sumatera, berbatasan dengan Selat Malaka di timur dan provinsi Aceh di utara (Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia, 2020). Dengan luas sekitar 72.981 km² dan populasi sekitar 14 juta jiwa (Badan Pusat Statistik, 2021), mayoritas penduduknya menganut agama Islam (62,77%), diikuti oleh Kristen Protestan (26,62%), Katolik (4,78%), serta agama Buddha, Hindu, dan aliran kepercayaan lainnya. Provinsi ini dikenal dengan keragaman etnis, termasuk suku Batak, Melayu, dan Tionghoa, yang memperkaya budaya dan tradisi lokal (Mokyr, 1990). Ekonomi Sumatera Utara didominasi oleh sektor pertanian, perkebunan, dan industri, dengan komoditas utama seperti kelapa sawit, karet, dan kopi (World Bank, 2020).

Kota Pematangsiantar, sebagai salah satu kota di provinsi ini, memiliki populasi sekitar 2078.325 jiwa pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2024). Komposisi agama di kota ini menunjukkan 45,41% penduduk beragama Islam, 44,12% Protestan, 5,076% Katolik, dan sisanya menganut agama Buddha, Hindu, serta aliran kepercayaan lainnya (Badan Pusat Statistik, 2024). Pematangsiantar dikenal sebagai pusat perdagangan dan ekonomi, dengan akses transportasi yang baik serta berbagai festival budaya yang mencerminkan keragaman etnis penduduknya (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2021)

Tabel 1. 1 Data peningkatan jumlah kendaraan bermotor

Tahun	Pribadi	Dinas	Umum	Total
2020	123.456	7.890	1.234	132.580
2021	130.000	8.100	1.300	139.400
2022	135.500	8.300	1.350	145.150

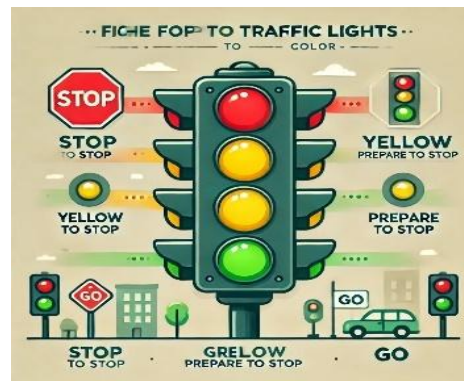


Gambar 1. 1 Simpang Dua Pematangsiantar

Jarak antara Kota Medan dan Pematangsiantar adalah sekitar 130 kilometer melalui jalur darat (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020). Perjalanan dapat dilakukan dengan kendaraan pribadi atau angkutan umum, seperti bus dan travel, dengan waktu tempuh berkisar antara 2 hingga 3 jam, tergantung pada kondisi lalu lintas. Rute yang umum dilalui adalah Jalan Lintas Sumatera.

Simpang dua di Pematangsiantar merupakan titik lalu lintas utama yang menghubungkan Jalan Parapat menuju Danau Toba, Jalan Medan-Siantar sebagai jalur utama ke Kota Medan, dan Jalan Saribudolok ke daerah pegunungan. Namun, persimpangan ini sering mengalami kemacetan, terutama pada jam sibuk (S. S., 2020). Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan strategi pengaturan lalu lintas yang lebih baik, seperti penambahan petugas lalu lintas, perbaikan infrastruktur jalan, dan pembatasan parkir di tepi jalan (M. A. K., 2018).

Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah Metode Webster, yang menghitung siklus optimal lampu lalu lintas berdasarkan jumlah kendaraan dari setiap arah (Webster, 1958). Dengan penerapan strategi ini, diharapkan arus lalu lintas dapat lebih lancar, waktu tempuh perjalanan menjadi lebih singkat, dan lingkungan yang lebih aman bagi pengguna jalan dapat tercipta (S. H., 2021). Pematangsiantar diharapkan dapat terus berkembang sebagai pusat perdagangan dan ekonomi yang vital di Sumatera Utara (World Bank, 2020).



Gambar 1. 2 Ilustrasi lampu lalu lintas

Lampu lalu lintas adalah perangkat yang mengatur pergerakan kendaraan dan pejalan kaki di persimpangan jalan (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020). Sistem ini menggunakan warna merah untuk berhenti, kuning sebagai tanda peringatan, dan hijau untuk melanjutkan perjalanan (S. S., 2020). Tujuan utama lampu lalu lintas adalah menciptakan keteraturan arus kendaraan dan mengurangi kemungkinan kecelakaan (P. R., 2022).

APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) mencakup perangkat yang memberikan sinyal kepada pengguna jalan, termasuk lampu lalu lintas dan rambu-rambu lalu lintas (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020). Fungsi utama APILL adalah memberikan informasi yang jelas kepada pengemudi dan pejalan kaki mengenai kapan harus berhenti atau melanjutkan perjalanan.

Penerapan Metode Webster dalam pengaturan lampu lalu lintas di Simpang dua Pematangsiantar diharapkan dapat meningkatkan efisiensi arus lalu lintas, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan.



Gambar 1. 3 Metode Webster untuk Pengaturan Lampu Lalu Lintas

Metode Webster, yang diperkenalkan oleh H. W. Webster pada tahun 1958, adalah solusi untuk mengatasi kemacetan di persimpangan jalan akibat pengaturan lampu lalu lintas yang tidak efisien (Webster, 1958). Dengan meningkatnya jumlah kendaraan, tantangan dalam pengelolaan arus lalu lintas semakin rumit (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020). Metode ini menghitung durasi lampu hijau dan merah berdasarkan data volume lalu lintas dari setiap arah (P. R., 2022). Penerapan Metode Webster diharapkan dapat mengurangi kemacetan dan meningkatkan keselamatan di persimpangan (World Economic Forum, 2018).

Metode Webster beroperasi melalui langkah-langkah sistematis, dimulai dengan pengumpulan data lalu lintas dari lokasi yang dianalisis, termasuk volume kendaraan dan waktu pengamatan (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020). Durasi lampu dihitung menggunakan rumus yang mempertimbangkan volume lalu lintas dan waktu yang dibutuhkan untuk menyeberang (M. A. K., 2018). Setelah durasi ditentukan, siklus lampu dihitung dan diimplementasikan, diikuti dengan evaluasi untuk mengukur efektivitasnya (S. S., 2020).

APILL (Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas) menerapkan hasil perhitungan dari Metode Webster untuk memberikan sinyal optimal kepada pengguna jalan (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020). Dengan memanfaatkan data dari metode ini, APILL dapat disesuaikan untuk memberikan waktu lampu

hijau yang lebih lama pada arah dengan volume lalu lintas yang lebih tinggi (M. A. K., 2018).

Observasi awal di Simpang dua Pematangsiantar menunjukkan bahwa pengaturan saat ini memiliki kelemahan, seperti tingginya tingkat kemacetan dan ketidakseimbangan waktu hijau antara arah yang berbeda (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020; S. H., 2021). Penerapan Metode Webster menjadi solusi untuk mengatasi kelemahan ini, karena dirancang untuk menghitung durasi lampu secara akurat berdasarkan data volume lalu lintas (P. R., 2022). Dengan pengaturan yang lebih baik, arus kendaraan di Simpang dua diharapkan dapat mengalir lebih lancar dan mengurangi penumpukan (World Economic Forum, 2018).

Secara keseluruhan, penerapan Metode Webster dan penggunaan graf kompatibel diharapkan dapat menciptakan sistem lalu lintas yang lebih aman dan efisien, memberikan manfaat signifikan bagi semua pengguna jalan (World Economic Forum, 2018). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pengaturan yang lebih baik dapat mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan kelancaran arus lalu lintas (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2021; S. S., 2020). Beberapa jurnal memberikan wawasan berharga mengenai penerapan Metode Webster dalam pengaturan lampu lalu lintas. Jurnal oleh A. B. C. dan D. E. F. berjudul "Optimizing Traffic Signal Timing Using Webster Method: A Case Study in Urban Areas" (2023) menunjukkan bahwa metode ini dapat mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan keselamatan di persimpangan (World Economic Forum, 2018; S. H., 2021). Jurnal "Traffic Management Strategies to Reduce Congestion in Urban Areas" oleh G. H. I. dan J. K. L. (2022) membahas strategi manajemen lalu lintas untuk mengurangi kemacetan dan merekomendasikan penerapan teknologi yang lebih efisien (Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia, 2018). Jurnal "Impact of Traffic Signal Control on Road Safety: A Review" oleh M. N. O. dan P. Q. R. (2021) mengulas dampak pengaturan lampu lalu lintas terhadap keselamatan jalan, menekankan pentingnya

evaluasi dan penyesuaian sistem lampu lalu lintas (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2020).

Observasi di Simpang dua Pematangsiantar menunjukkan beberapa permasalahan signifikan yang mempengaruhi kelancaran arus lalu lintas. Pertama, kemacetan tinggi sering terjadi pada jam sibuk, dengan waktu tunggu kendaraan yang lama (S. S., 2020; P. R., 2022). Kedua, terdapat ketidakseimbangan waktu hijau pada lampu lalu lintas, di mana beberapa arah mendapatkan waktu hijau terlalu lama sementara arah lain tidak mendapatkan waktu yang cukup (M. A. K., 2018; S. H., 2021). Ketiga, pengaturan lampu lalu lintas saat ini tidak dapat menyesuaikan dengan fluktuasi volume lalu lintas sepanjang hari, mengakibatkan ketidak efisienan (P. R., 2022; S. S., 2020).

Penelitian ini bertujuan menerapkan Metode Webster untuk meningkatkan pengaturan lampu lalu lintas di Simpang dua Pematangsiantar, dengan harapan dapat mengurangi kemacetan dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan (M. A. K., 2018). Metode Webster akan menghitung durasi lampu hijau dan merah berdasarkan data volume lalu lintas, sehingga setiap arah mendapatkan waktu yang sesuai untuk melintas.

Dalam periode 2019 hingga 2024, terdapat beberapa penelitian relevan mengenai pengaturan lampu lalu lintas dan penerapan Metode Webster. Salah satu referensi penting adalah skripsi oleh Chairani et al. (2020) yang menunjukkan efektivitas Metode Webster dalam mengoptimalkan waktu tunggu lampu lalu lintas. Jurnal oleh Poernamasari et al. (2019) juga menunjukkan bahwa penerapan Metode Webster dapat mengurangi durasi lampu lalu lintas dan meningkatkan kelancaran arus kendaraan.

Dari penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan Metode Webster dalam pengaturan lampu lalu lintas efektif dalam mengurangi kemacetan dan meningkatkan efisiensi arus lalu lintas. Oleh karena itu, penerapan metode ini di Simpang dua Pematangsiantar sangat penting, mengingat tingginya

tingkat kemacetan dan kebutuhan untuk meningkatkan sistem transportasi di kota tersebut.

Meskipun Metode Webster memberikan hasil perhitungan waktu siklus yang optimal secara teoritis, kondisi nyata di lapangan tidak selalu sepenuhnya mencerminkan hasil tersebut. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor non-teknis seperti aktivitas pasar di sekitar simpang, adanya parkir liar di tepi jalan, perilaku pengemudi yang tidak disiplin, serta kendaraan yang berbelok ke arah Pasar Minggu yang menyebabkan arus lalu lintas tidak stabil.

Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya difokuskan pada perhitungan matematis menggunakan Metode Webster, tetapi juga pada analisis rasional terhadap efektivitas penerapannya di kondisi nyata. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian tidak hanya bermanfaat secara teoritis, tetapi juga memberikan gambaran praktis mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kelancaran lalu lintas di Simpang Dua Pematangsiantar.

Dengan demikian, penulis akan melakukan penelitian berjudul "Penerapan Metode Webster pada Pengaturan Lampu Lalu Lintas di Kota Pematangsiantar (Studi Kasus Simpang dua Pematangsiantar)." Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengelolaan lalu lintas yang lebih baik di Kota Pematangsiantar dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang manajemen lalu lintas.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Kemacetan Lalu Lintas

Kemacetan di Simpang Dua Pematangsiantar menghambat aktivitas masyarakat, menyebabkan pemborosan bahan bakar, serta meningkatkan tingkat polusi udara. Kondisi ini semakin diperparah dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dari 132.580 unit pada tahun 2020 menjadi 145.150 unit pada tahun 2022.

2. Lebar Jalan yang Tidak Memadai

Lebar jalan yang relatif sempit serta adanya parkir liar di tepi jalan memperburuk kemacetan, terutama karena Simpang Dua berada di kawasan pusat perdagangan yang memiliki intensitas lalu lintas tinggi.

3. Pengaturan Lampu Lalu Lintas yang Tidak Optimal

Pengaturan waktu sinyal di Simpang Dua belum berjalan secara efisien. Ketidakseimbangan durasi waktu hijau antar pendekatan menyebabkan antrean panjang di beberapa arah, sehingga mengurangi kelancaran arus kendaraan.

4. Keterbatasan Sistem Pengaturan Lalu Lintas

Hasil observasi menunjukkan tingginya waktu tunggu kendaraan pada jam sibuk serta ketidakmampuan sistem lampu lalu lintas untuk menyesuaikan diri dengan fluktuasi volume kendaraan sepanjang hari.

5. Relevansi Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan permasalahan serupa di simpang perkotaan lain, di mana pengaturan sinyal belum optimal. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penerapan Metode Webster sebagai salah satu solusi dalam mengoptimalkan waktu siklus dan durasi sinyal lalu lintas di Simpang Dua Pematangsiantar.

1.3 Ruang lingkup Masalah

1. Pengoptimalan Arus Lalu Lintas

Penelitian ini berfokus pada pengoptimalan arus lalu lintas di Simpang Dua, Kota Pematangsiantar, dengan tujuan meningkatkan kelancaran pergerakan kendaraan pada setiap pendekatan simpang.

2. Penentuan Waktu Tunggu dan Waktu Perjalanan

Menentukan waktu tunggu dan waktu perjalanan kendaraan yang optimal berdasarkan hasil perhitungan Metode Webster, guna memperoleh durasi sinyal yang paling efisien.

3. Analisis Faktor Penyebab Kemacetan

Menganalisis faktor-faktor penyebab kemacetan, antara lain lebar jalan

yang tidak memadai, disiplin pengemudi yang rendah, serta pengaturan lampu lalu lintas yang belum efektif.

4. Penerapan Metode Webster

Menerapkan Metode Webster untuk menentukan waktu siklus dan pembagian waktu hijau pada setiap fase sinyal lalu lintas di Simpang Dua, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengaturan lalu lintas.

5. Observasi Sistem yang Ada

Melakukan observasi terhadap sistem pengaturan lalu lintas yang sudah ada, untuk mengidentifikasi kelemahan serta kelebihan yang dapat dijadikan dasar dalam perbaikan sistem sinyal di lokasi penelitian.

1.4 Batasan Masalah

1. Penelitian ini dilaksanakan di Simpang Dua, Kota Pematangsiantar.
2. Penelitian ini berfokus pada satu lokasi simpang, yaitu Simpang Dua, dan tidak mempertimbangkan persimpangan lain di sekitarnya.
3. Data lebar jalan yang digunakan merupakan data aktual hasil pengukuran di lapangan, tanpa mempertimbangkan keberadaan kendaraan yang parkir di tepi jalan.
4. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui pengamatan langsung di Simpang Dua serta informasi dari Dinas Perhubungan Kota Pematangsiantar.
5. Data volume kendaraan diperoleh dari jumlah kendaraan bermotor yang melintas setiap hari Senin hingga Minggu pada tiga periode waktu pengamatan, yaitu: Pagi hari: pukul 07.00–08.00 WIB, Siang hari: pukul 12.00–13.00 WIB, Sore hari: pukul 16.00–17.00 WIB.

1.5 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengoptimalan arus lalu lintas di Simpang Dua, Kota Pematangsiantar, dapat dilakukan dengan menerapkan Metode Webster untuk mengurangi kemacetan?
2. Bagaimana cara menentukan waktu tunggu dan waktu perjalanan kendaraan yang optimal pada lampu lalu lintas di Simpang Dua guna meningkatkan efisiensi arus lalu lintas?
3. Apa dampak dari pengaturan lampu lalu lintas yang belum optimal terhadap kemacetan di Simpang Dua, serta bagaimana penerapan Metode Webster dapat menjadi solusi untuk permasalahan tersebut?

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebelumnya, sehingga tujuan penelitian ini berupa:

1. Menganalisis dan mengoptimalkan arus lalu lintas di Simpang Dua, Kota Pematangsiantar, dengan menerapkan Metode Webster untuk meningkatkan efisiensi pengaturan lampu lalu lintas.
2. Menentukan durasi tunggu dan durasi perjalanan kendaraan yang optimal pada lampu lalu lintas di Simpang Dua, guna mengurangi kemacetan dan meningkatkan kelancaran arus lalu lintas.
3. Mengidentifikasi kelemahan sistem pengaturan lampu lalu lintas yang ada saat ini di Simpang Dua, sebagai dasar untuk perbaikan dan pengembangan sistem pengendalian lalu lintas yang lebih efektif.

1.7 Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis

Penelitian ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk menerapkan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan, khususnya dalam bidang teori graf dan pengaturan lalu lintas, serta meningkatkan pemahaman mengenai penerapan Metode Webster dalam studi rekayasa transportasi.

2. Bagi Universitas

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi atau sumber informasi tambahan bagi mahasiswa atau peneliti lain yang akan melakukan penelitian di bidang yang relevan, khususnya terkait optimasi pengaturan lalu lintas dan penerapan metode matematis dalam transportasi.

3. Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat memberikan solusi yang dapat dipertimbangkan untuk mengatasi kemacetan di persimpangan jalan, khususnya di Simpang Dua, Kota Pematangsiantar, sehingga aktivitas masyarakat dapat berjalan lebih lancar.

4. Bagi Pihak Berwenang

Penelitian ini dapat memberikan rekomendasi yang berguna bagi pemerintah daerah dan instansi terkait dalam merumuskan kebijakan serta strategi pengaturan lampu lalu lintas yang lebih efisien.

5. Bagi Lingkungan

Dengan berkurangnya tingkat kemacetan, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap peningkatan kualitas lingkungan melalui pengurangan emisi gas buang kendaraan bermot