

**ANALISA WAKTU MERAH SEMUA (ALL RED) DIPERSIMPANGAN JALAN
SETIABUDI DAN JALAN NGUMBAN SURBAKTI**

Ida Deliyarti Agustina¹

¹*Prodi Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Borobudur*

Jln. Kali Malang No.1 Jakarta Timur Telp : 021-8613877

**Email : ida_deliyarti@borobudur.ac.id*

ABSTRAK

Persimpangan Jalan Setiabudi–Jalan Ngumban Surbakti merupakan salah satu persimpangan dengan volume lalu lintas tinggi di Kota Medan, mengalami konflik antar-arus akibat tingginya kecepatan kendaraan mendekat, keberagaman jenis kendaraan, serta perilaku pengemudi yang kerap melampaui garis henti di akhir fase kuning. Kondisi ini meningkatkan risiko kecelakaan samping (*side collision*), terutama ketika kendaraan masih berada di area konflik saat sinyal telah berganti fase. Ruang lingkup penelitian adalah analisa manajemen simpang pada sistem transportasi perkotaan. Penelitian ini bertujuan menentukan waktu merah semua (*all-red time*) yang optimal untuk menjamin pengosongan persimpangan secara aman sebelum arus pada fase berikutnya diberi sinyal hijau. Metode penelitian dengan metode kuantitatif menampilkan perhitungan dengan mempertimbangkan karakteristik geometri persimpangan, jarak area konflik (D), panjang kendaraan mendekat (Lav), potensi keberadaan kendaraan di dalam area persimpangan (Lev), kecepatan arus mendekat (Vav), serta penambahan waktu buffer keselamatan ($tsafe$). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai maksimum antara panjang kendaraan yang masih berada dalam persimpangan dan jarak konflik ditambah panjang kendaraan mendekat didominasi oleh keberadaan kendaraan besar dengan panjang 32 meter. Dengan kecepatan arus mendekat rata-rata 50 km/jam, diperoleh waktu pengosongan sebesar 2,3 detik, dan setelah ditambahkan buffer keselamatan 0,5 detik, waktu merah semua yang direkomendasikan adalah sekitar 3 detik. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa pengaturan waktu merah semua pada persimpangan Setiabudi–Ngumban Surbakti perlu mempertimbangkan karakteristik lalu lintas kota Medan, yang bercirikan campuran kendaraan berat, kecepatan mendekat yang relatif tinggi, serta tingkat kepatuhan pengemudi yang beragam. Penelitian ini memberi manfaat pada manajemen simpang yang terstruktur untuk menghindari kemacetan dan kecelakaan lalu lintas.

Kata Kunci : Waktu Merah Semua, Persimpangan, Konflik Lalu Lintas

ABSTRACT

The Setiabudi–Ngumban Surbakti intersection is a high-traffic area in Medan City, frequently experiencing traffic conflicts due to the high speeds of approaching vehicles, the diversity of vehicle types, and drivers frequently exceeding the stop line at the end of the yellow phase. This situation increases the risk of side collisions, especially when vehicles remain in the conflict zone after the signal changes phase. This study aims to determine the optimal all-red time to ensure the intersection is safely cleared before the next phase is signaled green. The calculation method takes into account the intersection's geometric characteristics, the conflict zone distance (D), the length of approaching vehicles (Lav), the potential presence of large vehicles within the intersection area (Lev), the speed of approaching traffic (Vav), and the additional safety buffer time ($tsafe$). The analysis results show that the maximum value between the length of vehicles remaining within the intersection and the conflict zone distance plus the length of approaching vehicles is dominated by large vehicles with a length of 32 meters. With an average approaching traffic speed of 50 km/h, the clearing time was 2.3 seconds, and after adding a 0.5-second safety buffer, the recommended all-red time is approximately 3 seconds. These results indicate that the all-red time setting at the Setiabudi–Ngumban Surbakti intersection needs to consider the characteristics of Medan's traffic, which is characterized by a mix of heavy vehicles, relatively high approaching speeds, and varying levels of driver compliance.

Keywords : All Red Time, Intersection, Traffic Conflc

PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan teknologi dibidang otomotif telah memberi dampak langsung pada penambahan jumlah kendaraan, utamanya di negara – negara berkembang yang masih memprioritaskan penggunaan kendaraan pribadi seperti mobil dan sepeda motor. Kondisi ini diperparah karena kemampuan jalan yang terbatas sementara jumlah arus meningkat. Pertambahan jumlah kendaraan bermotor dan peningkatan kinerja pelayanan jalan tidak seperti yang diharapkan, sehingga tidak menjamin pelayanan sebagaimana yang diharapkan (Rivai, 2024)

Kondisi ini memberi dampak pada mobilitas kendaraan yang digunakan di jalan, dengan kapasitas jalan yang terbatas. Data MKJI (1997) menemukan bahwa banyak persimpangan di Medan berada pada tingkat pelayanan D atau E sesuai metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia, mengindikasikan arus lalu lintas tidak stabil atau sudah mengalami kemacetan akibat volume tinggi dan kecepatan rendah (Irfany, 2020). Beberapa Persimpangan padat di Kota Medan memiliki tingkat pelayanan F (sangat buruk), dengan tundaan rata-rata tertinggi 167–168 detik per satuan “smp” (satuan analisis per kendaraan). Untuk ruas jalan di Kota Medan, arus bebas tercatat kecepatan 48-50 km/jam; kondisi pelayanan untuk sebagian ruas tergolong B sampai C (Purba, 2020). Volume arus lalu lintas rata-rata perminggu sebesar 1168 smp/jam hingga 1240 smp/jam. Volume tertinggi puncak sore sekitar pukul 17.00–18.00 WIB. Jenis kendaraan dominan: kendaraan ringan (mobil, sepeda motor), volume kendaraan berat jauh lebih kecil. Standar MKJI 97, dalam rekayasa lalu lintas, “waktu merah semua” (*all-red time*) adalah fase pada siklus sinyal lalu lintas ketika seluruh arah pergerakan kendaraan mendapat lampu merah secara bersamaan. Tidak ada kendaraan yang boleh melintas pada periode ini

Tujuan utama waktu merah semua adalah untuk mengosongkan ruang simpang, memberi waktu bagi kendaraan yang sudah berada didalam persimpangan untuk keluar sepenuhnya sebelum arus dari arah lain diberikan lampu hijau, dan mencegah konflik antar arus. Sehingga menghindari tabrakan ketika ada kendaraan yang terlambat menyelesaikan manuver belok atau berada

dizona konflik saat pergantian fase. Atau saat kendaraan melintas dengan kecepatan tinggi dan tidak sempat berhenti. Kondisi ini menjadikan kawasan persimpangan lebih aman, sehingga meningkatkan keselamatan pejalan kaki.

Konflik arus dipersimpangan kadang tidak dapat dihindari karena kerumitan yang diakibatkan arus kendaraan yang padat. Roper dan Montgomery (menjelaskan bahwa meskipun secara teoritik *all red* dirancang untuk meningkatkan keamanan. Keamanan persimpangan bergantung pada pemodelan yang benar dari parameter pentahapan dan waktu sinyal. Peningkatan waktu kuning atau waktu merah dapat berdampak signifikan pada kecelakaan atau konflik di bagian belakang (Islam *et al.*, 2022).

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana menganalisis waktu merah semua (*all red*) pada persimpangan Jalan Setia Budi dan Jalan Ngumban Surbakti di Medan. Setelah itu mengidentifikasi penyebab yang timbul dan mencari penyelesaian dari kondisi tersebut, sehingga ditentukan penyelesaian masalah transportasi tersebut. Penelitian ini bertujuan menganalisis waktu merah semua (*all red*), untuk penanganan arus konflik simpang, terutama yang disebabkan oleh waktu merah semua akibat volume kendaraan yang menumpuk dimulut simpang saat lampu merah menyala.

STUDI PUSTAKA

1. Acuan Global

Sebuah pedoman komprehensif yang merangkum riset sebelumnya, praktik di lapangan, dan rekomendasi untuk penentuan durasi lampu kuning dan *all-red*. Dalam pedoman ini dibahas variabel kritis seperti kecepatan pendekatan kendaraan (sering menggunakan 85-percentile speed), panjang kendaraan, zona konflik, serta faktor reaksi/perlambatan (*perception-reaction time, deceleration rate*). Pedoman ini banyak dijadikan acuan global praktik “waktu merah semua” yang memberikan kerangka teknis: penggunaan kecepatan 85-persentil, panjang kendaraan, deceleration rate, reaction time, zona konflik, tetapi juga mengakui perlunya penilaian lapangan untuk tiap simpang, karena banyak variabel lokal (geometri, volume, jenis kendaraan, perilaku pengemudi).

2. Analisa Perhitungan Waktu Merah Semua

Untuk menangani berbagai kemungkinan (kendaraan yang sedang masuk simpang dan kendaraan yang sedang evakuasi / sudah berada di simpang), bentuk rumus yang sering dipakai adalah mengambil kasus terburuk (waktu yang paling lama diperlukan untuk membersihkan zona konflik). Faktor seperti jenis manuver (misalnya belok kiri), lay out persimpangan, dan karakteristik kendaraan & kecepatan pendekat punya dampak besar terhadap efektivitas *all-red* untuk menghindari pelanggaran. Pelanggar lampu merah teridentifikasi hingga jarak sekitar 340 kaki sebelum garis henti pada saat sinyal berubah menjadi merah. Durasi pelanggaran lampu merah tercatat mencapai 3,6 detik setelah lampu merah mulai menyala. Hasil analisis kecepatan–ruang yang dikombinasikan dengan sebaran waktu pelanggaran menunjukkan bahwa tingkat keselamatan kendaraan dapat ditingkatkan dengan menambahkan nilai persentil ke-k dari waktu pelanggaran lampu merah ke dalam perhitungan interval merah semua (, selain interval izin merah yang dihitung berdasarkan persamaan ITE).

Dalam perhitungan Waktu Merah Semua (*All Red*), dibutuhkan data – data yang dikumpulkan dari survey pengukuran lapangan, antara lain :

- a. L_{ev} (Length of Evacuating Vehicle)
- b. P_{ev} (Probability of Evacuation)
- c. V_{av} (Velocity of Approaching Vehicle)
- d. L_{av} (Length of Approaching Vehicle)

3. Elemen Penghitung All Red Time

Untuk menghitung Waktu Merah Semua (*All Red Time*), dibutuhkan beberapa elemen penghitung.

a. L_{ev} (Length of Evacuating Vehicle)

Merupakan Panjang Kendaraan Evakuasi, atau panjang kendaraan yang dipastikan telah keluar dari area konflik sebelum datangnya fase hijau dari arah lain. L_{ev} digunakan sebagai komponen untuk menghitung total jarak yang harus ditempuh kendaraan untuk membersihkan simpang. Terdiri dari panjang rangkaian kendaraan ringan (4 – 6m), bus sedang (8 – 12 m), Truk besar (10 – 14 m). Perhitungan *all-red* dengan L_{ev} yang ditambahkan ke lebar simpang untuk

memastikan bagian belakang kendaraan sudah melewati zona konflik.

b. P_{ev} (Probability of Evacuation)

P_{ev} merupakan Probabilitas Kendaraan Masih Berada di Simpang. P_{ev} adalah faktor probabilistik untuk memperhitungkan kemungkinan bahwa kendaraan terlambat masuk simpang, memperlambat saat belok, dan atau masih berada di zona konflik saat sinyal berubah.

Standar MKJI atau formula internasional seperti MUTCD / TRB, P_{ev} berfungsi sebagai pengali risiko, semakin besar P_{ev} maka semakin panjang *all-red time* yang direkomendasikan. Nilai P_{ev} biasanya 1,0 (100%) untuk pendekatan konservatif, artinya kita mengasumsikan selalu ada kendaraan yang harus dievakuasi pada akhir fase hijau. Pada beberapa pendekatan, P_{ev} dapat < 1,0 untuk:

- pendekatan volume rendah,
- simulasi lanjutan
- kondisi khusus yang sudah ditinjau melalui observasi lapangan

c. V_{av} (Velocity of Approaching Vehicle)

V_{av} atau Kecepatan Kendaraan Pendekat Rata-rata adalah kecepatan rata-rata kendaraan ketika memasuki persimpangan pada saat akhir fase hijau atau kuning. Kecepatan aktual yang digunakan kendaraan ketika benar-benar masuk simpang, kecepatan batas (speed limit). Dipakai untuk menghitung berapa lama kendaraan membutuhkan waktu untuk melewati jarak dari garis henti, area konflik, keluar dari simpang. Semakin kecil V_{av} , semakin besar waktu merah semua yang dibutuhkan. Kecepatan Aktual dinyatakan dalam m/s, sehingga jika kecepatan lapangan dalam km/jam, harus dikonversi kedalam m/s

d. L_{av} (Length of Approaching Vehicle)

Merupakan Panjang Kendaraan Pendekat / Panjang Kendaraan yang Masuk. L_{av} didefinisikan juga sebagai panjang kendaraan rata-rata yang sedang memasuki persimpangan pada akhir fase hijau atau kuning. Tujuannya adalah memastikan seluruh panjang kendaraan (termasuk bagian belakang) benar-benar keluar dari area konflik sebelum arah lain diberi lampu hijau. L_{av} kadang ditulis juga sebagai L_{veh} (*vehicle length*). Makna penting L_{av} Jika L_{av} lebih panjang maka waktu merah

semua harus lebih lama. Nilai L_{av} biasanya berbeda tergantung dominasi kendaraan:

- Mobil pribadi: 4–5 m
- Minibus: 5–7 m
- Bus/truk: 10–12 m

Rumus Waktu Merah Semua :

$$tar = P_{ev} \frac{\max(Lev, D + Lav)}{V_{av}} + t_{save} \dots (1)$$

Dimana:

- t_{ar} = waktu *all-red* (detik).
- P_{ev} = probabilitas ada kendaraan yang perlu dievakuasi (biasanya 0–1; konservatif = 1).
- L_{ev} = panjang kendaraan yang sedang dievakuasi (m).
- L_{av} = panjang kendaraan yang memasuki simpang pada akhir fase (m).
- D = jarak efektif yang harus dilalui dari stop line sampai titik konflik terjauh / lebar persimpangan (m).
- V_{av} = kecepatan rata-rata kendaraan pendekat (m/s).
- t_{safe} = buffer keselamatan tambahan (detik), biasanya 0.5–1.0 s (atau lebih untuk lokasi berisiko tinggi).

Ada dua skenario yang perlu dijamin clear:

1. Kendaraan yang sudah ada di persimpangan harus keluar
2. Kendaraan yang baru masuk pada akhir hijau harus menempuh jarak sebesar $D + \text{panjang kendaraan}$

4. Dampak Pada Kota dan Penggunaan Lahan

Permasalahan waktu merah semua tidak semata-mata merupakan persoalan teknis pada level persimpangan, tetapi menjadi bagian penting dalam keseluruhan proses perencanaan kota, karena berkaitan dengan aspek keselamatan, kinerja jaringan transportasi, kualitas ruang publik, pengelolaan tata guna lahan, penerapan mobilitas cerdas, serta prinsip keberlanjutan. Pada Persimpangan Setiabudi–Ngumban Surbakti, penetapan durasi waktu merah semua yang tepat berkontribusi pada pembentukan jaringan jalan yang lebih aman dan adaptif, serta mendukung arah pembangunan Kota Medan yang mengedepankan tata kelola perkotaan yang efisien dan berpihak pada kebutuhan pengguna.

Kinerja persimpangan merupakan elemen penting dalam analisis aksesibilitas kota. Jika waktu merah semua tidak optimal dan menyebabkan kemacetan berkelanjutan, dampaknya bisa merambat pada:

- nilai guna lahan (land use value),
- konektivitas kawasan komersial,
- daya tarik investasi,
- produktivitas aktivitas perkotaan.

Pada kawasan seperti Jalan Setiabudi–Ngumban Surbakti, yang merupakan koridor komersial dan permukiman padat, peningkatan keselamatan dan efisiensi simpang akan berkontribusi langsung pada kualitas lingkungan perkotaan dan pola perjalanan. Hal ini dipengaruhi oleh kapasitas jalan, dimana salah satu akibat besar kecilnya kapasitas jalan dipengaruhi oleh faktor pemisah arah jalan dan kelas hambatan samping (Rivai, 2024). Waktu merah semua yang optimal mengurangi kapasitas kendaraan yang berhenti mendadak atau melanggar lampu merah, sehingga berkontribusi pada pengurangan emisi dan konsumsi bahan bakar. Ini berkaitan dengan aktifitas kota seperti pengendalian polusi udara, pengurangan jejak karbon, dan peningkatan kualitas hidup masyarakat kota.

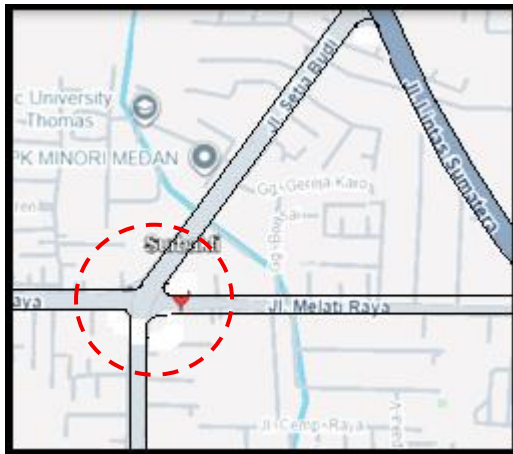
METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Metode Penelitian Kuantitatif, menggunakan perhitungan Waktu Merah Semua. Dengan indikator elemen penghitung yang dikumpulkan dilapangan melalui Survey lalulintas. Data yang dikumpulkan berupa data primer yang diukur oleh surveyor. Pengolahan data dengan traffic counting yang mengelaborasi hasil – hasil pengukuran yang valid. Metode Matematic membutuhkan analisa secara konprehensif.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kota Medan, Medantermasuk dalam wilayah Kecamatan Medan Selayang. Lokasi ini berada di Kelurahan Padang Bulan Selayang I.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Gambar 1 menunjukkan Lokasi penelitian berada di persimpangan degan empat lengan simpang, yaitu lengan simpang Jalan Ngumban Surbakti dan lengan simpang Jalan Setiabudi.



Gambar.2. Lokasi Persimpangan

Pada Gambar 2 terlihat kondisi persimpangan saat sepi, tidak saat peak hour (jam sibuk pagi dan sore).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Diketahui bahwa persimpangan Jalan Setiabudi dan Jalan Ngumban Srubakti yang memiliki empat lengan simpang, dengan kondisi kepadatan cukup tinggi. Hal ini disebabkan Jalan Ngumban Surbakti adalah Jaringan jalan lingkaran luar Selatan yaitu Jl. Tritura, Jl. Karya Jasa dan Jl. Ngumban Surbakti, sebagai ringroad penghubung jaringan jalan dalam kota ke luar kota Medan (Perda Kota Medan No.2 tahun 2022).

Data hasil pengukuran dilapangan, panjang kendaraan yang sedang dievakuasi, terdiri dari kendaraan berat (jenis truk) bercampur dengan kendaraan ringan berupa

mobil pribadi dan sepeda motor, jarak efektif yang harus dilalui dari stop line sampai titik konflik terjauh / lebar persimpangan 12 m. panjang kendaraan yang memasuki simpang pada akhir fase 5m, dan kecepatan rata-rata kendaraan pendekat 50 km/jam.

Diketahui :

$$V_{av} = 50 \text{ km/jam, } P_{ev}=1, \text{ tsafe}=0,5 \text{ s.}$$

$$L_{ev} = 32 \text{ m}$$

$$D = 12 \text{ m}$$

$$L_{av} = 5 \text{ m}$$

1. Konversi kecepatan:

$$V_{av} = 50 \text{ km/jam} = \frac{50 \times 1000}{3600}$$

$$= 1259 \text{ m/s}$$

$$= 13,8888889 \text{ m/s.}$$

2. Hitung kandidat waktu:

- a. Untuk kendaraan yang dievakuasi:

$$Lev = \frac{32125}{9} = \frac{32}{\frac{125}{9}} = \frac{32 \times 9}{125} = \frac{288}{15}$$

$$Lev = 2,304 \text{ detik}$$

- b. Untuk kendaraan yang masuk pada akhir fase:

$$= \frac{D+L_{av}}{V_{av}}$$

$$= \frac{12 + 5}{125/9} = \frac{17 \times 9}{125} = \frac{153}{125}$$

$$= 1,224 \text{ detik.}$$

3. Ambil maksimum:

$$\text{Max } (2,304, 1,224) = 2,304 \text{ detik.}$$

4. Terapkan Pev dan tambahkan buffer:

$$t_{ar} = 1 \times 2,304 + 0,5 = 2,804 \text{ detik}$$

$$\text{Maka } t_{ar} = 2,80 \text{ detik}$$

$$\text{Dibulatkan} = 3 \text{ detik}$$

- a. Makna dari hasil 2,8–3 detik waktu merah semua

Nilai 3 detik menunjukkan bahwa setelah sinyal berubah dari hijau–kuning menjadi merah pada satu fase, diperlukan waktu sekitar tiga detik untuk:

- mengosongkan (clear) kendaraan yang masih berada di dalam area konflik (in between lane),
- memberi kesempatan agar kendaraan pada fase berikutnya tidak langsung bergerak sehingga menghindari tabrakan samping (side collision),
- mempertimbangkan keberadaan kendaraan panjang ($L_{ev} = 32$ m) yang mungkin masih berada di dalam persimpangan.

Dengan kata lain, 3 detik adalah waktu aman bagi seluruh kendaraan untuk meninggalkan area sebelum arus lawan/arrah lain mendapatkan hijau.

2. Kondisi Lalu Lintas Persimpangan dari Hasil Analisa

a. Indikasi adanya kendaraan panjang (truk besar)

Nilai $L_{ev} = 32$ meter menunjukkan bahwa:

- Pada persimpangan tersebut sering atau berpotensi muncul kendaraan besar (truk/trailer).
- Perlintasan kendaraan ini memerlukan waktu lebih lama untuk keluar dari area konflik.

Implikasinya pada persimpangan termasuk kategori *mixed-traffic* dengan komposisi kendaraan berat, sehingga:

- Kebutuhan waktu merah semua cenderung lebih besar dibanding persimpangan yang hanya didominasi mobil dan sepeda motor.
- Potensi *blocking* area persimpangan atau *yellow dilemma zone* lebih tinggi.

b. Jarak Konflik Yang Relatif Pendek

Jarak tempuh antarfase yang saling konflik hanya 12 m. Namun karena kendaraan besar ada di dalam (panjang 32 m), maka faktor pengosongan persimpangan tetap dominan. Jika persimpangan sempit, kendaraan panjang akan memakan ruang besar, berpotensi mengunci (blocking) jalur lain. *All-red time* menjadi penting untuk keselamatan.

c. Kecepatan arus mendekat 50 km/jam (13,9 m/s)

Kecepatan mendekat relatif sedang ke tinggi untuk sebuah persimpangan kota, implikasinya:

- Kendaraan yang mendekati persimpangan membutuhkan waktu reaksi dan pengereman yang cukup.
- Pengemudi yang berada pada zona dilema (antara berhenti atau lanjut saat kuning) lebih berisiko.
- Waktu merah semua memberikan kompensasi keselamatan untuk kendaraan yang terlambat memutuskan.

Dengan kecepatan 50 km/jam, keputusan menghentikan kendaraan di akhir kuning cukup kritis, maka nilai *all red* menjadi faktor penting.

d. Penyesuaian keamanan ($t_{safe} = 0,5$ detik)

Penambahan buffer keamanan menunjukkan bahwa:

- Persimpangan masuk kategori rawan konflik atau kompleks, sehingga membutuhkan toleransi tambahan.
- Faktor pengemudi lokal (kecenderungan menerobos kuning/merah) juga bisa menjadi pertimbangan.

3. Interpretasi terhadap Operasional Persimpangan

a. Risiko konflik samping dapat diminimalkan

Waktu 3 detik memberikan ruang agar :

- kendaraan terakhir pada fase sebelumnya keluar,
- kendaraan pertama pada fase berikutnya tidak merangsek masuk terlalu cepat.

Ini meningkatkan keselamatan lalu lintas, terutama risiko *t-bone collision*.

b. Dampak Terhadap Kapasitas

Penambahan *all-red time* sedikit menurunkan kapasitas persimpangan karena waktu efektif hijau berkurang. Hal ini mengindikasikan bahwa

- Pengurangan kapasitas sangat kecil (karena hanya 3 detik per siklus),
- Jauh lebih kecil dibanding biaya sosial dari kecelakaan akibat konflik samping.

c. Tingkat kepatuhan pengemudi Medan

Secara empiris, banyak persimpangan di Medan memiliki:

- tingkat ketidakpatuhan terhadap lampu merah yang relatif tinggi,

- kendaraan yang masih masuk hingga akhir kuning,
- sepeda motor yang menyelip jauh pada kedalaman stop line.

Karena itu, penetapan all-red 3 detik sangat sesuai untuk kondisi perilaku lalu lintas lokal. Hasil ini memberikan gambaran bahwa kondisi lalu lintas di persimpangan memiliki keterpaparan terhadap kendaraan berat atau kendaraan panjang yang memerlukan waktu lebih lama untuk keluar dari area konflik. Dengan kecepatan arus mendekat yang relatif sedang-tinggi (50 km/jam), pengemudi yang berada dalam zona dilema (antara berhenti atau melanjutkan ketika lampu kuning muncul) berpotensi tetap memasuki persimpangan hingga detik terakhir. Oleh karena itu, penambahan waktu merah semua menjadi kebutuhan untuk meminimalkan risiko konflik antara kendaraan yang terlambat keluar dengan kendaraan pada fase berikutnya yang mulai bergerak.

Selain faktor kendaraan, karakteristik perilaku lalu lintas di Kota Medan—yang sering ditandai dengan ketidakpatuhan terhadap lampu kuning dan lampu merah, serta kecenderungan sepeda motor melampaui garis berhenti—semakin menguatkan perlunya penyediaan ruang waktu tambahan. Waktu merah semua sebesar 3 detik memberikan margin keselamatan yang cukup sebelum arus lain diberi sinyal hijau, sehingga menurunkan potensi kecelakaan tipe *side collision* atau *T-bone*.

Dari sisi operasional, penambahan waktu merah semua hanya berdampak kecil terhadap kapasitas persimpangan. Jika siklus sinyal rata-rata 90 detik, kontribusi 3 detik waktu merah hanya mengambil sekitar 3,3% dari total durasi siklus. Penurunan ini relatif kecil dibandingkan dengan manfaat berupa peningkatan keselamatan dan kelancaran pengosongan area konflik.

Secara keseluruhan, hasil perhitungan ini mengindikasikan bahwa persimpangan memerlukan pengaturan sinyal yang adaptif terhadap keberadaan kendaraan besar, kecepatan arus mendekat yang signifikan, serta kondisi perilaku pengemudi kota yang variatif. Penetapan waktu merah semua sebesar 3 detik merupakan nilai yang optimal untuk menyeimbangkan kebutuhan keselamatan dan efisiensi operasional persimpangan.

KESIMPULAN

Waktu merah semua (*all-red time*) merupakan salah satu komponen penting dalam pengaturan sinyal lalu lintas yang berfungsi untuk memastikan bahwa area konflik pada persimpangan telah benar-benar kosong sebelum fase berikutnya diberi sinyal hijau. Penentuan waktu ini sangat dipengaruhi oleh karakteristik geometri persimpangan, kecepatan arus mendekat, serta panjang kendaraan yang berpotensi masih berada dalam area persimpangan pada saat fase sebelumnya berakhir. Hasil perhitungan dan analisis kondisi lapangan *All-red time* adalah 3 detik yang mengindikasikan kondisi yang aman untuk mengakomodasi kendaraan panjang (L_{ev} besar), cukup untuk memastikan kecepatan mendekat 50 km/jam dapat berhenti tanpa konflik, relevan dengan karakter lalu lintas Medan yang kompleks dan campuran, dan efisien karena tidak terlalu menurunkan kapasitas siklus sinyal. Secara keseluruhan, nilai tersebut meningkatkan tingkat keselamatan pada persimpangan dan merepresentasikan kondisi lalu lintas yang membutuhkan pengosongan area konflik sebelum fase berikutnya dimulai. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa waktu pengosongan persimpangan didominasi oleh keberadaan kendaraan besar dengan panjang 32 meter, sehingga diperoleh waktu pengosongan sebesar 2,304 detik. Setelah ditambah buffer keselamatan, diperoleh nilai akhir waktu merah semua (*all red time*) sebesar 3 detik terbukti mampu meningkatkan keselamatan, mengurangi potensi konflik samping, dan tetap mempertahankan efisiensi kapasitas siklus sinyal. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar dalam optimasi pengaturan sinyal pada persimpangan-persimpangan utama di Kota Medan.

DAFTAR PUSTAKA

- Irfany, A., & Ainka, (2020). Analisis tingkat pelayanan persimpangan untuk mengurangi tingkat kemacetan lalu lintas di Kota Medan. *Undergraduate thesis*, Repository Universitas Negeri Medan.
- Islam, Z., et al. (2022). Modelling the relationship between post-encroachment time and signal timings using UAV video data. *ArXivLabs Journal*.

Kang, M.-W., Hossain, et al. (2025). Speed–space analysis and dynamic all-red extension for red-light running protection at signalized intersections on rural high-speed arterials. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2679(6), 105-119. <https://doi.org/10.1177/03611981221001859>

Peraturan Daerah Kota Medan No.2 tahun (2022) Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Medan Tahun 2022 – 2042.

Purba, R. J. M. (2020). Analisa kinerja jaringan jalan di Kota Medan (Studi kasus: Simpang Manhattan - Simpang Sei Sikambing, Medan). *Repository Universitas Medan Area*. <https://repository.uma.ac.id/handle/123456789/17826>

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI97). (1997). *Standards Manual Kapasitas Jalan Indonesia*.

Syafriman, R., & Lubis, N. H. P. (2024). Tinjauan pemisah arah permanen terhadap arus lalu lintas di Jalan K.L. Yos Sudarso Medan. *Jurnal Al Ulum*, 12(1), 52-58.

TRID (Standards & Recommended Practices), TRIS & ITRD database. (2012). Guidelines for timing yellow and all-red intervals at signalized intersections. *NCHRP Report*, Transportation Research Board (TRB), Serial NCHRP Report 731, ISSN: 0077-5614.