



Sistem Koordinasi Simpang Bersinyal (Study Kasus Jalan MT. Haryono Kota Kendari)

***Ridwan Syah Nuhun, Sulha, Muhammad Sahara Mubarak Sabri**
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari
*) ridwansyah.nuhun@uho.ac.id

Received: 20 November 2024 Revised: 24 Juni 2025 Accepted: 10 Juli 2025

Abstract

Coordination of signalized intersections is an important aspect of urban traffic management which aims to increase the efficiency of vehicle movement and reduce congestion. Jalan MT. Haryono is one of the roads in Kendari City which often experiences traffic jams, especially during rush hours, where on this road section there are two signalized intersections close to each other, namely the Pasar Baru intersection and the GMT intersection, which are separated by a distance of 500 m. The aim of this research is to determine the optimal cycle time in implementing a coordinated signal system at an intersection. With the implementation of coordinated cycle times, the degree of saturation decreases and intersection performance increases because queue lengths and delays are successfully reduced. On weekdays, queue lengths drop to 122 m in the east and 76 m in the west, with delays reducing to 108 seconds in the east and 80 seconds in the west. Meanwhile, on holidays, queue length drops to 94 m in the east and 88 m in the west, with delays reduced to 85 seconds in the east and 76 seconds in the west.

Keywords: *Signalized intersection, coordination system, queue length, delay*

Abstrak

Koordinasi simpang bersinyal merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen lalu lintas perkotaan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan dan mengurangi kemacetan. Jalan MT. Haryono merupakan salah satu ruas jalan di Kota Kendari yang sering mengalami kemacetan, utamanya terjadi pada jam-jam sibuk, yang mana pada ruas jalan tersebut terdapat dua simpang bersinyal yang berdekatan yakni Simpang Pasar Baru dan simpang GMT yang dipisahkan dengan jarak 500 m. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan waktu siklus optimal dalam penerapan sistem sinyal terkoordinasi di persimpangan. Adanya penerapan waktu siklus yang terkoordinasi terdapat penurunan nilai derajat kejenuhan dan kinerja simpang mengalami peningkatan karena panjang antrian dan tundaan berhasil direduksi. Pada hari kerja, panjang antrian turun menjadi 122 m di timur dan 76 m di barat, dengan tundaan berkurang menjadi 108 detik di timur dan 80 detik di barat. Sementara pada hari libur, panjang antrian turun menjadi 94 m di timur dan 88 m di barat, dengan tundaan berkurang menjadi 85 detik di timur dan 76 detik di barat.

Kata kunci: *Simpang bersinyal, sistem koordinasi, panjang antrian, tundaan*

Pendahuluan

Persimpangan merupakan area kritis di jalan raya yang sering menjadi titik konflik dan kemacetan karena pertemuan dua atau lebih ruas jalan (Aninda, 2022). Persimpangan dicirikan sebagai suatu lokasi pertemuan dua jalan atau lebih, baik pada bidang yang sama maupun berbeda, dimana jalur-jalur jalan tersebut saling bersilangan (Aghistna, 2020). Persimpangan merupakan titik temu lalu lintas yang memiliki risiko tabrakan yang tinggi, baik yang

melibatkan kendaraan maupun pejalan kaki (Tripoli *et al.*, 2023; Kenneyzyra & Hadi, 2023). Oleh karena itu, pengendalian lalu lintas di persimpangan menjadi sangat penting (Nuhun *et al.*, 2021).

Hampir semua persimpangan, terutama di kawasan perkotaan, memerlukan pengaturan karena merupakan titik konflik (Sephehr, 2024). Oleh karena itu, pengaturan di setiap persimpangan sangat diperlukan untuk mengantisipasi konflik dan berbagai masalah lain yang mungkin muncul di area

tersebut (Friel *et al.*, 2023). Pengelolaan lalu lintas pada persimpangan merupakan unsur terpenting dalam pengendalian lalu lintas (Fatimah *et al.*, 2022). Penggunaan lampu lalu lintas sangat diperlukan pada persimpangan yang memiliki tingkat kepadatan arus kendaraan yang tinggi (Juniarso *et al.*, 2023). Dengan adanya lampu lalu lintas dapat membantu mengurangi antrian kendaraan dan kemacetan jika dibandingkan dengan persimpangan tanpa sinyal (Ghazi, 2023).

Koordinasi simpang bersinyal merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen lalu lintas perkotaan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan dan mengurangi kemacetan (Kashyap, 2020; Nawaz *et al.*, 2021). Dalam jaringan jalan perkotaan yang padat, penyesuaian sinyal lalu lintas di persimpangan dapat sangat mempengaruhi kelancaran pergerakan kendaraan (Iwanowicz & Chmielewski, 2020; Wagenknecht, 2020). Simpang bersinyal yang tidak terkoordinasi dengan baik sering kali menyebabkan penumpukan kendaraan, peningkatan waktu tunggu, dan konsumsi bahan bakar yang berlebihan, yang pada akhirnya menyebabkan emisi gas rumah kaca dan polusi udara (Yao *et al.*, 2024). Oleh karena itu, perencanaan dan pelaksanaan koordinasi sinyal yang efektif sangat diperlukan untuk menciptakan sistem transportasi yang efisien dan ramah lingkungan (Verma & Singh, 2023).

Koordinasi simpang bersinyal umumnya melibatkan sinkronisasi lampu lalu lintas pada serangkaian simpang agar kendaraan dapat bergerak melalui beberapa persimpangan tanpa harus berhenti berulang kali (Du, 2021). Teknologi seperti sistem adaptif waktu nyata dan algoritma optimasi sering kali digunakan untuk mengatur durasi sinyal berdasarkan kondisi lalu lintas yang berubah-ubah (Bhattarai & Conway, 2021). Implementasi strategi ini tidak hanya dapat mengurangi durasi perjalanan dan kelelahan pengemudi, namun juga berkontribusi secara signifikan dalam meminimalkan dampak buruk transportasi terhadap lingkungan dan kualitas hidup di wilayah perkotaan (Bhattarai & Conway, 2021).

Informasi yang perlu dipahami sebelum melakukan koordinasi sinyal di setiap persimpangan adalah waktu tempuh dari persimpangan awal menuju persimpangan berikutnya serta durasi sinyal yang direncanakan, waktu tempuh didasarkan pada jarak kendaraan saat mendekati dan meninggalkan titik konflik. Data ini digunakan untuk merancang lintasan aliran kendaraan secara berkelompok (platoon). Dalam mengkoordinasikan sinyal terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu: (Patrias & Lulie, 2021): 1) Jarak antar simpang terkoordinasi tidak boleh melebihi 800 m, karena

jika melebihi jarak tersebut akan mengurangi efektivitas koordinasi sinyal. 2) Semua sinyal harus memiliki waktu siklus yang sama. 3) Koordinasi sinyal biasanya digunakan pada sistem jalan primer seperti jalan arteri dan jalan kolektor, dan juga dapat diterapkan pada jaringan jalan yang memiliki tata letak grid. 4) Terdapat kelompok kendaraan (platoon) yang terbentuk akibat pengaturan lampu lalu lintas pada simpang sebelumnya.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa terdapat penurunan sebesar 97% untuk antrian maksimum dan 87% untuk tundaan kendaraan rata-rata, serta peningkatan tingkat layanan dari F ke C setelah penerapan sistem koordinasi sinyal (Alkaissi, 2023). Juga peningkatan kinerja simpang yang lebih baik ketika simpang dioptimalkan melalui koordinasi (Masum, 2019). Jalan MT. Haryono merupakan salah satu jalan di Kota Kendari yang sering mengalami kemacetan, terutama pada jam-jam sibuk. Bentangan jalan ini memiliki dua persimpangan yang dioperasikan dengan sinyal, khususnya persimpangan Pasar Baru dan persimpangan GMT, yang berjarak 500 m. Kedua simpang tersebut menggunakan pengaturan waktu siklus masing-masing, sehingga banyak kendaraan yang harus berhenti berulang kali dan menyebabkan tundaan yang lama. Di lokasi studi diperoleh nilai derajat kejenuhan di simpang empat Pasar Baru mencapai 1,19, hal ini menunjukkan bahwa tingkat pelayanan pada simpang tersebut berada pada tingkat pelayanan F. (Putra *et al.*, 2022)

Penerapan waktu siklus simpang terkoordinasi di lokasi studi diharapkan dapat mengatasi masalah kemacetan, menghindari kendaraan berhenti berulang kali dan mengurangi tundaan ini. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan waktu siklus optimal dalam penerapan sistem sinyal terkoordinasi di persimpangan.

Metode

Informasi yang perlu dipahami sebelum melakukan koordinasi sinyal di setiap persimpangan adalah waktu tempuh dari persimpangan awal menuju persimpangan berikutnya serta durasi sinyal yang direncanakan, waktu tempuh didasarkan pada jarak kendaraan saat mendekati dan meninggalkan titik konflik. Data ini digunakan untuk merancang lintasan aliran kendaraan secara berkelompok (platoon). Tahap koordinasi sinyal antar persimpangan melibatkan penilaian kecepatan, evaluasi efisiensi persimpangan berdasarkan kondisi saat ini, dan kemudian merancang durasi siklus baru.

Dalam merencanakan waktu siklus yang baru, digunakan dua kondisi, yaitu waktu siklus pada hari

kerja dan pada hari libur. Perencanaan waktu siklus ini menerapkan empat alternatif berturut-turut yaitu Alternatif I, waktu siklus optimal Simpang Pasar Baru, Alternatif II, waktu siklus optimal Simpang GMT, Alternatif III, rata-rata waktu siklus dari Perencanaan I dan Perencanaan II, Alternatif IV waktu siklus maksimum rekomendasi PKJI 2023.

Dalam menentukan perencanaan terbaik, terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan. Pertama, Nilai yang berbeda diberikan untuk bobot kinerja rata-rata derajat kejenuhan (DJ), panjang antrian (PA), dan penundaan (T). Derajat kejenuhan mempunyai bobot sebesar 0,5, panjang antrian mempunyai bobot lebih kecil sebesar 0,2, dan bobot keterlambatan diberikan sebesar 0,3 (Nurchayanto, 2021).

Derajat kejenuhan merupakan hal yang paling penting karena merupakan faktor kunci dalam mengevaluasi kinerja suatu jalan. Kedua, hasil evaluasi diperoleh dari total tiga nilai parameter kinerja, masing-masing dikalikan dengan bobotnya masing-masing. Ketiga, perencanaan terbaik ditentukan berdasarkan hasil penilaian yang paling kecil.

Perencanaan kordinasi pada penelitian ini menggunakan perhitungan waktu tempuh yang didapat melalui variabel kecepatan rencana dan panjang lintasan antar simpang. Nilai waktu tempuh selanjutnya dijadikan pergeseran untuk menggambarkan pergerakan kendaraan pada diagram koordinasi sinyal.

Bandwidth mengacu pada lebar lintasan, memastikan tidak melintasi sinyal merah agar arus lalu lintas tidak terganggu (Otung, 2021). Jika diagram menunjukkan rute dengan sinyal merah, maka waktu siklus perlu diubah hingga menemukan posisi yang sesuai (tidak dipengaruhi oleh sinyal merah), atau dengan mempersempit lebar lintasan untuk memenuhi kebutuhan *bandwidth*. Dalam melakukan kordinasi sinyal antar simpang perlu diketahui dulu nilai *offset* dan *bandwith* kemudian dilakukan dengan menggunakan diagram aliran kordinasi.

Metode analisis data

Analisis kinerja pada simpang bersinyal yang digunakan dalam penelitian ini sesuai PKJI 2023. Arus lalu lintas (q) pada setiap pergerakan baik belok kiri (q_{BK_i}), lurus (q_{LRS}), dan belok kanan (q_{BK_a}), dikonversi dari kendaraan per jam menjadi Satuan Mobil Penumpang (SMP) per jam. Tabel 1 menampilkan nilai Emp tiap jenis kendaraan menurut pendekatannya (Direktorat Jendral Bina Marga, 2023).

Tabel 1. Nilai Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP) untuk setiap jenis kendaraan berdasarkan tipe pendekat

Tipe kendaraan	EMP untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
MP	1.0	1.0
KS	1.3	1.3
SM	0.15	0.4

Arus jenuh ditentukan dengan Persamaan 1, untuk tipe pendekatan terlindung, arus jenu fundamental (J_o) dapat dihitung dengan Persamaan 2. Waktu siklus untuk sistem kendali waktu tetap ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3. Langkah selanjutnya adalah menghitung waktu hijau (WH_i) untuk setiap fase (i) menggunakan Persamaan 4.

$$J = J_o * FHS * FUK * FG * FP * FBK_i * FBK_a \quad (1)$$

$$J_o = 600 \times L_E \quad (2)$$

Dimana, J_o merupakan arus jenuh dasar (SMP/jam), L_E merupakan lebar jalur efektif pendekat (m) FHS merupakan faktor koreksi akibat hambatan samping dari kondisi lingkungan jalan, FUK merupakan faktor koreksi ukuran kota, FG merupakan faktor koreksi kelandaian memanjang, FP merupakan faktor koreksi jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama, FBK_i merupakan faktor koreksi arus lalu lintas yang belok ke kiri, dan FBK_a merupakan faktor koreksi arus lalu lintas yang belok ke kanan.

$$s = \frac{(1,5 \times WHH + 5)}{(1 - \sum Rq/J \text{ Kritis})} \quad (3)$$

$$WH_i = (s - WHH) \times \frac{Rq/J \text{ kritis}}{\sum_i (Rq/J \text{ kritis})_i} \quad (4)$$

Dimana, s adalah waktu siklus (detik), WHH merupakan jumlah waktu hijau hilang per siklus (detik), Rq/J adalah rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh, q/J , WH_i adalah waktu hijau pada fase i (detik), i adalah indeks untuk fase ke i

Dalam penelitian ini, kapasitas simpang dihitung menggunakan Persamaan 5, sedangkan derajat kejenuhan dihitung dengan Persamaan 6. Jumlah kendaraan yang menunggu pada awal fase hijau dihitung dengan menjumlahkan kendaraan yang tertinggal pada fase hijau terakhir dan kendaraan yang datang dan berhenti pada fase merah. Perhitungan ini menggunakan Persamaan 7, 8 dan Persamaan 9.

$$C = J \times \frac{W_H}{s} \quad (5)$$

Dimana, C merupakan kapasitas simpang APILL (SMP/jam), J merupakan arus jenuh (SMP/jam), W_H merupakan total waktu hijau dalam satu siklus (detik), s merupakan waktu siklus (detik).

$$D_J = \frac{q}{c} \quad (6)$$

Dimana, D_J ialah derajat kejenuhan, q ialah volume lalu lintas (SMP/jam), C ialah kapasitas jalan (SMP/jam).

$$N_{q1} = N_{q1} + N_{q2} \quad (7)$$

Jika $D_J \leq 0,5$ maka $N_{q1} = 0$

Jika $D_J \geq 0,5$ maka

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \quad (8)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1-R_H)}{(1-R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600} \quad (9)$$

Dimana, N_{q1} adalah jumlah antrian sebelum hijau, N_{q2} adalah jumlah antrian selama fase merah, D_J merupakan derajat kejenuhan, s merupakan waktu siklus (detik), R_H merupakan rasio waktu hijau (detik), q merupakan arus lalu lintas.

Panjang antrian ditentukan dengan mengalikan nilai N_q dengan luasan yang ditempati oleh satu kendaraan penumpang, sebagaimana dinyatakan dalam Persamaan 10. Tundaan pada simpang APILL timbul karena dua sebab, yaitu tundaan lalu lintas (TLL) dan tundaan geometrik (TG). Rata-rata tundaan pada pendekatan i ditentukan dengan Persamaan 11. Sedangkan rata-rata tundaan lalu lintas (TLL) pada pendekatan i ditentukan dengan menggunakan Persamaan 12.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \quad (10)$$

Dimana, P_A merupakan panjang antrian, N_q merupakan jumlah rata rata antrian pada awal, lampu hijau (SMP), L_M merupakan lebar jalur masuk

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \quad (11)$$

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1-R_H)^2}{(1-R_H \times D_J)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{c} \quad (12)$$

Dimana, T_{LL} merupakan tundaan lalu lintas, R_H merupakan rasio waktu hijau (detik), D_J merupakan derajat kejenuhan, N_{q1} adalah jumlah antrian sebelum hijau, C adalah kapasitas jalan (SMP/jam).

Hasil dan Pembahasan

Kecepatan rencana ditentukan berdasarkan hasil survei kecepatan rata-rata kendaraan yaitu 54 detik. Sedangkan waktu siklus baru dan waktu hijau pendekat timur pada simpang Pasar Baru ditampilkan pada Tabel 2. Penilaian perencanaan kinerja terbaik simpang berdasarkan beberapa alternatif waktu siklus untuk hari kerja ditampilkan pada Tabel 3 dan untuk hari libur pada Tabel 4.

Tabel 2. Hasil perhitungan waktu siklus berbagai alternatif

Alternatif	Waktu siklus (detik)	
	Hari kerja	Hari libur
I	155	150
II	130	138
III	142	144
IV	130	130

Tabel 3. Penilaian perencanaan kinerja terbaik pada hari kerja

Alternatif	Pendekat	Nilai pembobotan			Hasil penilaian ($D_J \times 0,5$) + ($P_A \times 0,2$) + ($T \times 0,3$)
		D_J^*	P_A^* (m)	T^* (detik)	
		0,5	0,2	0,3	
I	Timur	1,09	137	113	61,74
	Barat	0,90	87	87	43,70
II	Timur	1,12	122	108	57,36
	Barat	0,92	75	79	39,41
III	Timur	1,10	129	110	59,25
	Barat	0,91	81	83	41,55
IV	Timur	1,12	122	108	57,36**
	Barat	0,92	75	79	39,41**
Eksisting	Timur	1,22	185	164	86,81
	Barat	0,95	100	99	50,17

Keterangan:

* : Nilai rata-rata

** : Perencanaan yang dipilih

Tabel 4. Pemilihan perencanaan kinerja optimal pada hari libur

Alternatif	Pendekat	Nilai pembobotan			Hasil penilaian
		D _J *	P _A *	T*	(D _J x 0,5) + (P _A x 0,2) + (T x 0,3)
		0,5	0,2	0,3	
I	Timur	1,05	120	125	62,03
	Barat	1,03	109	107	54,41
II	Timur	1,07	113	120	59,13
	Barat	1,04	102	103	51,67
III	Timur	1,06	116	123	60,48
	Barat	1,03	106	105	52,97
IV	Timur	0,96	94	85	44,78**
	Barat	0,94	88	76	40,72**
Eksisting	Timur	1,12	137	144	71,06
	Barat	1,05	116	114	57,93

Keterangan:

* : Nilai rata-rata

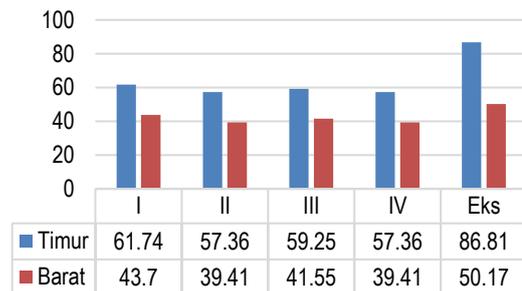
** : Perencanaan yang dipilih

Berdasarkan penilaian pembobotan pada Tabel 3, Alternatif II dan IV direkomendasikan untuk diterapkan dalam perencanaan koordinasi antar sinyal simpang pada hari kerja. Berdasarkan hasil penilaian pembobotan pada Tabel 4, Alternatif IV direkomendasikan sebagai pilihan untuk perencanaan koordinasi antar sinyal simpang pada hari libur.

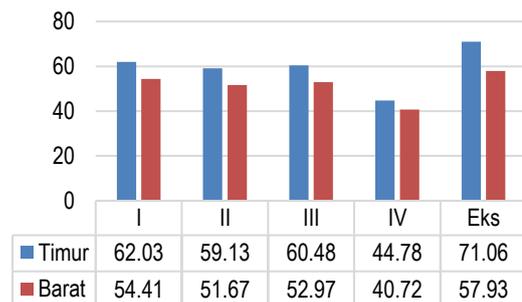
Penentuan perencanaan terbaik dilakukan melalui proses pembobotan. Bobot yang diberikan adalah 0,5 untuk derajat kejenuhan, 0,2 untuk panjang antrean, dan 0,3 untuk tundaan. Derajat kejenuhan memiliki bobot tertinggi karena menjadi parameter utama dalam menilai kinerja jalan. Alternatif terbaik ditetapkan sebagai alternatif dengan nilai hasil terkecil. Hasil dari pembobotan didapat alternatif terbaik untuk hari kerja adalah Alternatif IV yang memiliki nilai 57,36 di timur dan 39,41 di barat. Untuk hari libur adalah alternatif IV yang memiliki nilai 44,78 di timur dan 40,72 di barat. Grafik Pembobotan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, bobot tertinggi pada hari libur berada pada kondisi eksisting dengan nilai 71,06 dan 57,93 pada pendekat terkait kedua simpang terkordinasi. Sementara bobot paling efisien berada pada alternatif 4 dengan nilai 44,78 dan 40,72 pada pendekat terkait kedua simpang terkordinasi.

Berdasarkan Gambar 1, bobot tertinggi pada hari kerja berada pada kondisi eksisting dengan nilai 86,81 dan 50,17 pada pendekat terkait kedua simpang terkordinasi. Sementara bobot paling efisien berada pada alternatif 4 dengan nilai 57,36 dan 39,41 pada pendekat terkait kedua simpang terkordinasi.



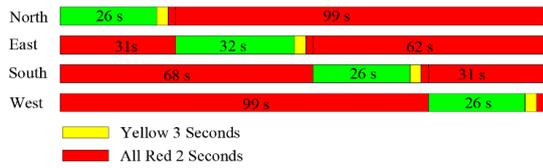
Gambar 1. Grafik pembobotan hari kerja



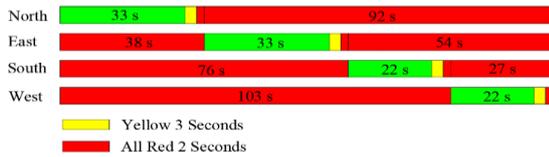
Gambar 2. Grafik pembobotan hari libur

Koordinasi sinyal antar simpang pada hari kerja

Berdasarkan hasil pembobotan ditetapkan penggunaan waktu siklus 130 detik, waktu tempuh antar simpang sebesar 54 detik. Waktu tempuh tersebut digunakan sebagai offset untuk menggambarkan jalur pergerakan platoon pada diagram koordinasi sinyal. Setelah jalur pergerakan ditentukan, waktu hijau di setiap simpang harus disesuaikan dengan jalur berikutnya melalui pergeseran horizontal. Diagram fase untuk kedua simpang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.

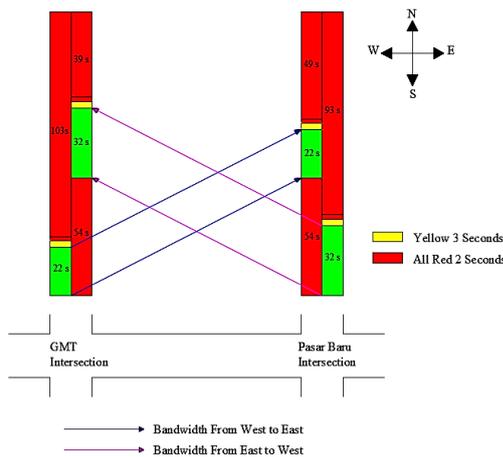


Gambar 3. Diagram fase Simpang Pasar Baru pada hari kerja



Gambar 4. Diagram fase Simpang GMT pada hari kerja

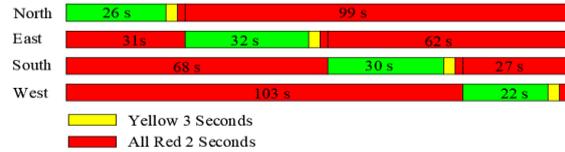
Bandwidth merupakan ukuran besar lintasan yang harus dipertahankan agar tidak menyentuh sinyal merah, sehingga arus lalu lintas dapat mengalir tanpa gangguan. Apabila pada diagram terlihat lintasan yang bersinggungan dengan sinyal merah, maka waktu siklus perlu disesuaikan hingga posisi lintasan tidak terkena sinyal merah, atau lebar lintasan dikurangi agar persyaratan bandwidth terpenuhi. Diagram koordinasi sinyal selama kondisi hari kerja, dengan waktu siklus yang dimodifikasi sesuai Alternatif IV, ditunjukkan pada Gambar 5.



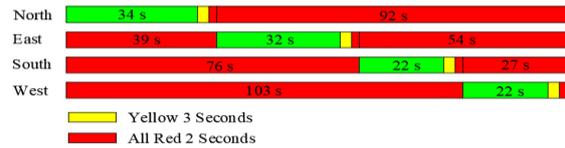
Gambar 5. Diagram koordinasi sinyal pada hari kerja

Dari diagram koordinasi di atas dengan menggunakan waktu offset 54 detik, diperoleh bandwidth sebesar 32 detik untuk arah timur ke barat, dan 22 detik untuk arah barat ke timur sehingga arus lalu lintas yang berangkat dari pendekatan barat Simpang GMT menuju Simpang Pasar Baru dengan kecepatan rata-rata akan mencapai fase hijau di pendekatan barat Simpang Pasar Baru. Sebaliknya, arus lalu lintas yang berangkat dari pendekatan timur Simpang Pasar Baru

menuju Simpang GMT dengan kecepatan rata-rata juga akan mencapai fase hijau di Simpang GMT. Perubahan fase sinyal setiap pendekatan pada kedua simpang pada hari kerja setelah adanya Koordinasi Sinyal dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



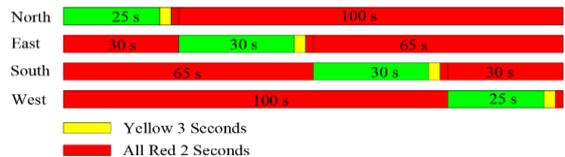
Gambar 6. Diagram fase sinyal Simpang Pasar Baru pada hari kerja setelah koordinasi sinyal.



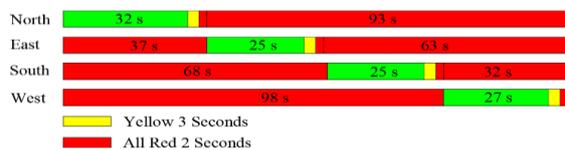
Gambar 7. Diagram fase sinyal Simpang GMT pada hari kerja setelah koordinasi sinyal

Koordinasi Antar Sinyal Pada Hari Libur

Untuk hari libur juga ditetapkan penggunaan waktu siklus 130 detik dengan waktu tempuh antar simpang sebesar 54 detik. Diagram fase untuk kedua simpang di tunjukan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



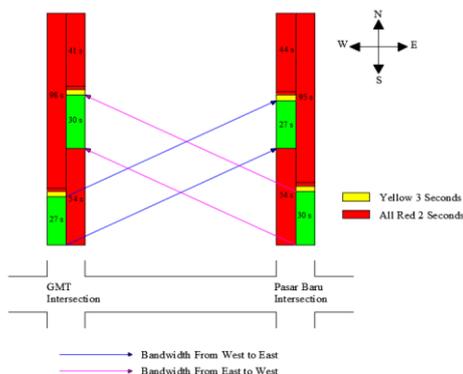
Gambar 8. Diagram fase Simpang Pasar Baru pada hari libur



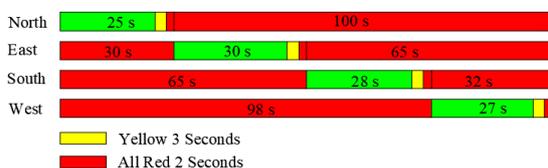
Gambar 9. Diagram fase Simpang GMT pada hari libur

Diagram koordinasi sinyal untuk kondisi hari libur (weekend) dengan waktu siklus yang telah disesuaikan menurut perencanaan IV ditampilkan pada Gambar 10. Dari diagram koordinasi di atas dengan menggunakan waktu offset 54 detik, diperoleh bandwidth sebesar 30 detik untuk arah timur ke barat, dan 27 detik untuk arah barat ke timur sehingga arus lalu lintas yang berangkat dari pendekatan barat Simpang GMT menuju Simpang Pasar Baru dengan kecepatan rata-rata akan mencapai fase hijau di pendekatan barat Simpang

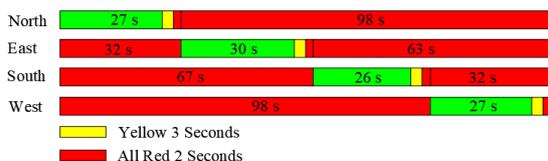
Pasar Baru. Sebaliknya, arus lalu lintas yang berangkat dari pendekat timur Simpang Pasar Baru menuju Simpang GMT dengan kecepatan rata-rata juga akan mencapai fase hijau di Simpang GMT. Perubahan fase sinyal setiap pendekat pada kedua simpang pada hari libur setelah adanya Koordinasi Sinyal dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12.



Gambar 10. Diagram koordinasi sinyal pada hari libur



Gambar 11. Diagram fase sinyal Simpang Pasar Baru pada hari libur setelah koordinasi sinyal



Gambar 12. Diagram fase sinyal Simpang GMT pada hari libur setelah koordinasi sinyal

Kesimpulan

Waktu siklus optimal untuk penerapan sistem sinyal terkoordinasi di Simpang Pasar Baru dan Simpang GMT pada hari kerja maupun hari libur adalah 130 detik, dengan waktu offset sebesar 54 detik. Penerapan sistem sinyal terkoordinasi ini meningkatkan kinerja persimpangan karena terjadi penurunan panjang antrian dan tundaan. Pada hari kerja, panjang antrian di pendekat timur Simpang GMT berkurang dari 185 meter menjadi 122 meter, dan di pendekat barat Simpang Pasar Baru dari 100 meter menjadi 76 meter. Tundaan di pendekat timur Simpang GMT turun dari 164 detik menjadi 108 detik, serta di pendekat barat Simpang Pasar Baru dari 99 detik menjadi 80 detik. Pada hari libur, panjang antrian di pendekat timur Simpang GMT berkurang dari 137 meter menjadi 94 meter, dan di

pendekat barat Simpang Pasar Baru dari 116 meter menjadi 88 meter. Tundaan di pendekat timur Simpang GMT menurun dari 144 detik menjadi 85 detik, serta di pendekat barat Simpang Pasar Baru dari 114 detik menjadi 76 detik.

Daftar Pustaka

Aghistna, C.D. (2020). *Optimalisasi simpang bersinyal untuk meningkatkan keselamatan penyeberang menggunakan aplikasi VISSIM & SSAM, studi kasus: Simpang Empat Bersinyal Bantaran, Kota Madiun* (Diploma Thesis, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan). <http://eprints.pktj.ac.id/id/eprint/1893>

Alkaissi, Z.A. (2023). Effect of signal coordination on the traffic operation of urban corridor. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, 30(1), 12–24. DOI:[10.25130/tjes.30.1.2](https://doi.org/10.25130/tjes.30.1.2)

Aninda, N.T. (2022). *Analisis simpang tak bersinyal di simpang Tanah Badantuang Sijunjung, studi kasus: Jln. Sijunjung-Jln. Lintas Tengah Sumatera* (Thesis, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat). <http://eprints.umsb.ac.id/id/eprint/779>

Bhattacharai, K., & Conway, D. (2021). Impacts of economic growth, transportation, and tourism on the contemporary environment. In *Contemporary environmental problems in Nepal: Geographic perspectives* (pp. 563–662). https://doi.org/10.1007/978-3-030-50168-6_3

Direktorat Jendral Bina Marga. (2023). *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Du, W. (2021). *Traffic congestion reduction based on vehicle platoons and intelligent crossroads interactions* (Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté). <https://theses.hal.science/tel-03704053>

Fatimah, S., Syakdiah, S., & Kusumawiranti, R. (2022). Kebijakan pemerintah dalam mengatasi kemacetan di Kota Yogyakarta (Studi penelitian di Jalan Malioboro dan Jalan Tentara Pelajar). *Populika*, 10(1), 24–41. DOI: <https://doi.org/10.37631/populika.v10i1.473>

Friel, D., Wachholz, S., Werner, T., Zimmermann, L., Schwedes, O., & Stark, R. (2023). Cyclists' perceived safety on intersections and roundabouts—A qualitative bicycle simulator study. *Journal of Safety Research*, 87, 143–156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.09.012>

- Ghazi, A.A. (2023). *Analisis kinerja simpang bersinyal menggunakan software PTV Vissim (Studi kasus simpang tiga Asrama Polisi Batusangkar)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat).
<http://eprints.umsb.ac.id/id/eprint/2675>
- Iwanowicz, D., & Chmielewski, J. (2020). Analysis of the methods of traffic evaluation at the approaches of urban signalised intersections. In *Nodes in transport networks—Research, data analysis and modelling: 16th Scientific and Technical Conference “Transport Systems. Theory and Practice 2019”* (Vol. 16, pp. 180–198).
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-39109-6_14
- Juniarso, S., Pramono, D., & Nurfhatin, S. (2023). *Perencanaan peningkatan kinerja simpang tak bersinyal*. CV. AZKA PUSTAKA. ISBN:978-623-8214-31-0
- Kashyap, G. (2020). *Modeling methodology for cooperative adaptive traffic control using connected vehicle data* (Master's thesis, University of Cincinnati).
http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=ucin15921353756158
- Kennyzyra, M., & Hadi, M.A. (2023). Relationship analysis between optimization unsignalized junction and fuel consumption. In *Proceedings of the 7th International Conference in Sustainable Built Environment*.
DOI: <https://doi.org/10.20885/icsbe.vol4.art26>
- Masum, R.A. (2019). Optimalisasi persimpangan dengan sistem terkoordinasi di Kota Kediri. *Jurnal Teknik Sipil - Arsitektur*, 18, 99–108. DOI: <https://doi.org/10.54564/jtsa.v19i1.14>
- Mohandu, A., & Kubendiran, M. (2021). Survey on big data techniques in intelligent transportation system (ITS). *Materials Today: Proceedings*, 47, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.479>
- Nawaz, A., Zafar, N.A., & Alkhamash, E.H. (2021). Formal modeling of responsive traffic signaling system using graph theory and VDM-SL. *Sustainability*, 13(21), 11772.
[10.3390/su132111772](https://doi.org/10.3390/su132111772)
- Nuhun, R.S., Rianse, U., Iswandi, M., Putra, A.A., Kadir, A., Golok Jaya, L.O.M., & Ahmad, S.N. (2021). Optimization of cycle time on signalized intersections of H.E.A Mokodompit Street – M.T Haryono – H.A. Nasution Kendari city based on traffic flow volume. *GSC Advanced Engineering and Technology*, 1(1), 039–048. DOI: <https://doi.org/10.30574/gsaet.2021.1.1.0026>
- Nurchayanto, M.I. (2021). *Kinerja koordinasi simpang bersinyal (Studi kasus: Simpang bersinyal UIN Sunan Kalijaga dengan simpang bersinyal Demangan)* (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia).
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/37329>
- Otung, I. (2021). *Communication engineering principles*. John Wiley & Sons. ISBN: 9781119765448
- Patrias, K.S., & Lulie, Y. (2021). Analisis koordinasi sinyal antar simpang Wirobrajan dan simpang Ngabean Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(3), 151–158. DOI: <https://doi.org/10.24002/jts.v16i3.5386>
- Putra, A.A., Nuhun, R.S., Ahmad, S.N., & Iqbal, M. (2022). Pengaturan panjang antrian pada simpang bersinyal berdasarkan volume dan komposisi lalu lintas. *Stabilita*, 10(1), 34–45.
DOI: <http://dx.doi.org/10.55679/jts.v10i1.27566>
- Sepehr, P. (2024). Mundane urban governance and AI oversight: The case of Vienna's intelligent pedestrian traffic lights. *Journal of Urban Technology*, 1–18.
<https://doi.org/10.1080/10630732.2024.2302280>
- Tripoli, B., Djamaluddin, R., Refiyanni, M., & Hatta, H. (2023). Analisis tingkat pelayanan terhadap kinerja persimpangan berdasarkan metode HCM 2000 (Studi kasus: Simpang Tiga Alue Peunyareng–Gampong Gunong Kleng). *CIVED*, 10(1), 25–36. DOI: [10.24036/cived.v10i1.358112](https://doi.org/10.24036/cived.v10i1.358112)
- Verma, R., & Singh, B.K. (2023). Role of technology on the management of transportation. In *Transportation systems technology and integrated management* (pp. 163–180). Singapore: Springer Nature Singapore.
DOI: [10.1007/978-981-99-1517-0_8](https://doi.org/10.1007/978-981-99-1517-0_8)
- Wagenknecht, S. (2020). The moral work of timing mobilities: ‘Limited insight’ and truncated worth in municipal traffic management. *Mobilities*, 15(5), 694–707.
<https://doi.org/10.1080/17450101.2020.1802105>
- Yao, S., Bian, Z., Hasan, M.K., Jiang, Y., Bian, Z., & Liu, J. (2024). Traffic emissions from urban road intersections on the surroundings: A case study of intersection in Shijiazhuang, China. *North American Academic Research*, 7(6), 18–36. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12189718>