



Analisa koordinasi simpang bersinyal pada jalan M.H.Thamrin-Prof. H.M.Yamin dan Sutomo-Prof.H.M.Yamin

Yoel Prima Pranata Tarigan^{1)*}, Nuril Mahda Rangkuti²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area

*Corresponding author. yoelprimatrg28@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords:

Keyword : Transportasi,
Simpang Bersinyal,
Koordinasi Simpang

How to cite:

Yoel Prima Pranata
Tarigan, Nuril Mahda
Rangkuti (2025), Analisa
koordinasi simpang
bersinyal pada jalan
M.H.Thamrin-
Prof.H.Yamin dan Sutomo-
Prof.H.M.Yamin



ABSTRACT

How is the performance of Jalan M.H.Thamrin and Jalan Sutomo 2. How is the performance of the two intersections after being coordinated 3. How to compare the performance of the two intersections before and after being coordinated by the research location was carried out on Jalan Prof. H. M. Yamin, the survey will be conducted for 3 days which is divided into 2 working days/weekday and 1 weekend/weekend and data collection will be carried out at the peak time of the vehicle based on the coordination engineering of the two intersections that are simulated obtained a comparison of the performance of the two average intersections in existing conditions (before coordination) and after coordination that has been presented in Table 4.28. The condition of the intersection after coordination is the result of adjusting the Cycle Time Simpang Jalan M.H.Thamrin to Cycle Time Simpang Jalan Sutomo. With the enactment of the intersection coordination engineering that is in this planning can reduce the average saturated degree of average 0.70 to 0.65, reduce the length of the queue which was originally 196.23 meters to 195.07 meters, and can reduce the degree which was originally 32.81 seconds/junior high school with the level of service D to 28.69 seconds/junior high school with the service level D. can be drawn as follows: 1. Cycle Time Existing conditions or before the enactment of the intersection coordination, namely, • M.H.Thamrin Street intersection has a cycle of 82 seconds, • The Sutomo Street intersection has a cycle of 90 seconds. With the distance between the intersection, 570 meters obtained an average speed survey result of 40 km/h, while the performance of the two intersections in existing conditions, namely, • Has an average saturated degree (DS) of 0.70, • Length of queue (QL) of 195.07 meters, • Average delay (delay) of 32.81 seconds/junior high school.

1. Pendahuluan

Kota Medan merupakan salah satu kota metropolitan di Indonesia yang memiliki titik bangkitan dan tarikan perjalanan yang beragam seperti area perkantoran, area sekolah, area perdagangan, area rumah sakit, area pemukiman dan area lainnya, pergerakan ini dilakukan oleh masyarakat baik secara individual maupun berkelompok menuju ke suatu area yang

akan dituju (katrina, 2005). Pergerakan ini akan menimbulkan kepadatan pada suatu ruas jalan dan persimpangan tertentu, maka dilakukanlah perencanaan maupun pengaturan lalu lintas yang direncanakan dan diatur sedemikian rupa guna untuk meningkatkan keefektifitasan suatu ruas jalan guna memberikan kenyamanan, kelancaran, maupun keamanan bagi pengguna jalan. Permasalahan yang sering terjadi adalah kendaraan harus selalu berhenti karena mendapat sinyal merah pada tiap simpang pada simpang-simpang yang memiliki jarak yang berdekatan. Salah satu cara pengaturan lalu lintas adalah dengan cara mengkoordinasikan persimpangan yang memiliki jarak berdekatan antara satu simpang dengan simpang yang lain (fitria purnyanti, 2014)

2. Tinjauan Pustaka

A. Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (PP RI NO.32 Tahun 2011 tentang manajemen dan rekayasa, analisis dampak, serta manajemen kebutuhan lalu lintas). Fungsi utama jalan adalah untuk mengalirkan arus pergerakan semua alat transportasi yang memakainya.

Jalan dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis berdasarkan fungsi jalan, berdasarkan administrasi pemerintah dan berdasarkan muatan sumbu. Banyak sekali faktor sebagai penentuan klasifikasi antara lain besarnya volume lalu lintas, kapasitas jalan, keekonomian dari jalan tersebut dan pembiayaan pembangunan dan perawatan jalan.

Dalam UU No. 38/2004, jalan terdiri dari Jalan Umum yakni jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, dan Jalan Khusus yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri dan bukan diperuntukkan bagi lalu lintas umum. Pengelompokan jalan umum dilakukan menurut Sistem, Fungsi, Status dan Kelas)

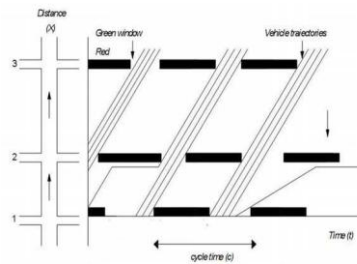
B. Persimpangan

Berdasarkan PKJI (2023), persimpangan adalah pertemuan dua jalan atau lebih yang bersilangan. Umumnya simpang terdiri dari simpang bersinyal dan simpang tak bersinyal. Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu lintas jalan, persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang. Hobbs (1995) mendefinisikan persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekatan dimana arus kendaraan dari beberapa pendekatan tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan. Lalu lintas pada PKJI masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Persimpangan merupakan faktor-faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah perkotaan.

C. Rancangan Anggaran dan Metode Pelaksanaan pekerjaan

Koordinasi sinyal antar simpang diperlukan untuk mengoptimalkan kapasitas jaringan jalan karena dengan adanya koordinasi sinyal ini diharapkan tundaan (*delay*) yang dialami kendaraan dapat berkurang dan menghindarkan antrian kendaraan yang panjang. kendaraan yang telah bergerak meninggalkan satu simpang diupayakan tidak mendapati sinyal merah pada simpang berikutnya, sehingga dapat terus berjalan dengan kecepatan normal. Sistem sinyal terkoordinasi mempunyai indikasi sebagai salah satu bentuk manajemen transportasi yang dapat memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya operasional (Sandra Chitra Amelia, 2008 dikutip dari Arouffy, 2002).

Menurut Taylor dkk, (1996) koordinasi antar simpang bersinyal merupakan salah satu jalan untuk mengurangi tundaan dan antrian. Adapun prinsip koordinasi simpang bersinyal menurut Taylor ditunjukkan dalam Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Prinsip Koordinasi Sinyal dan *Green Wave* Sumber : (Taylor dkk, 1997)

Dari Gambar 2.6 diatas, terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengkoordinasikan sinyal, yaitu:

1. Waktu siklus pada sinyal tiap simpang diusahakan sama, hal ini untuk mempermudah menentukan selisih nyala sinyal hijau dari simpang yang satu dengan simpang berikutnya.
2. Sebaiknya pola pengaturan simpang yang dipergunakan adalah fixed time signal, karena koordinasi sinyal dilakukan secara terus menerus.

Sistem koordinasi sinyal dibagi menjadi empat macam sebagai berikut ini:

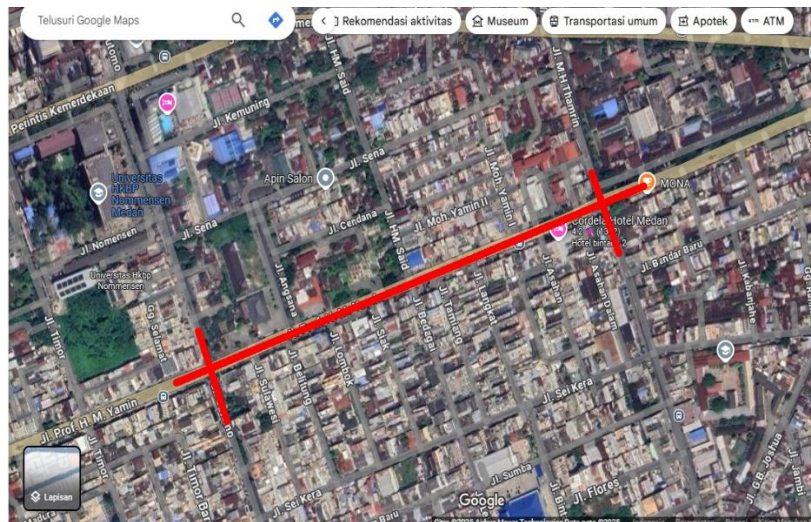
1. Sistem serentak (*simultaneous system*), semua indikasi warna pada suatu koridor jalan menyala pada saat yang sama.
2. Sistem berganti-ganti (*alternate system*), sistem dimana semua indikasi sinyal berganti pada waktu yang sama, tetapi sinyal atau kelompok sinyal pada simpang didekatnya memperlihatkan warna yang berlawanan.
3. Sistem progresif sederhana (*simple progressive system*), berpedoman pada siklus yang umum tetapi dilengkapi dengan indikasi sinyal jalan secara terpisah.
4. Sistem progresif fleksibel (*flexible progressive system*), memiliki mekanisme pengendali induk yang mengatur pengendali pada tiap sinyal. Pengendalian ini tidak hanya memberikan koordinasi yang baik diantara sinyal-sinyal tetapi juga memungkinkan panjang siklus dan pengambilan siklus pada interval di sepanjang hari..

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan pada Jalan Prof. H. M. Yamin , Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.

Survey akan dilakukan selama 3 hari dimana dipecah menjadi 2 hari kerja/weekday dan 1 hari akhir pekan/weekend dan pengambilan data akan dilakukan pada jam puncak kendaraan yaitu :

- Pagi Hari mulai dari jam 07:00 – 09:00
- Siang Hari mulai dari jam 12:00 – 14:00
- Sore Hari mulai dari jam 17:00 – 19:00:



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (Sumber :Google Maps,2024)

4. Hasil dan Pembahasan

a. Analisis Kinerja Simpang Kondisi Eksisting

Untuk menyusun waktu siklus yang lebih optimal, akan dilakukan analisa kinerja paling padat. Analisa kinerja simpang ini akan memanfaatkan perhitungan berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI 2023). Berikut adalah contoh langkah- langkah perhitungannya yaitu pada pendekatan Simpang Jalan M.H.Thamrin. Untuk perhitungan pendekatan Simpang Jalan Sutomo sudah terdapat pada lampiran, adapun langkah-langkah perhitungan sama seperti contoh di bawah ini:

1. Simpang Jalan M.H.Thamrin

1. Perhitungan Arus Jenuh (S)

Untuk perhitungan arus jenuh dasar yaitu dengan menggunakan rumus persamaan sebagai berikut:

$$S_o = W_e \times 600$$

Pendekat Utara

$$S_o = W_e \times 780$$

$$= 10 \times 780$$

$$= 7800 \text{ smp/jam}$$

Pendekat Timur

$$S_o = W_e \times 780$$

$$= 11 \times 780$$

$$= 8580 \text{ smp/jam}$$

5. Perhitungan Rasio Arus (FR)

Pendekat Utara

$$FR = (Q/S)$$

$$= (1993/7254)$$
$$= 0,27$$

Pendekat Timur

$$FR = (Q/S)$$
$$= (2122/7979)$$
$$= 0,27$$

6. Perhitungan Kapasitas (C)

$$C = S \times (g/c)$$
$$= 7254 \times 45/82$$
$$= 3981 \text{ smp/jam}$$

Pendekat Timur

$$C = S \times (g/c)$$
$$= 7979 \times 23/82$$
$$= 2239 \text{ smp/jam}$$

7. Perhitungan Derajat Jenuh (DS)

Pendekat Utara

$$DS = Q/C$$
$$= 1993/3981$$
$$= 0,50$$

Pendekat Timur

$$DS = Q/C$$
$$= 2122/2239$$
$$= 0,95$$

8. Perhitungan Rasio Hijau (GR)

Pendekat Utara

$$GR = g/c$$
$$= 45/82$$
$$= 0,55$$

Pendekat Timur

$$GR = g/c$$
$$= 23/82$$
$$= 0,28$$

9. Perhitungan Antrean Kendaraan (NQ)

Pendekat Utara

$$NQ1 = 0$$
$$NQ2 = 69,772$$
$$NQ1 + NQ2 = 0 + 90,68$$
$$= 90,68$$

Pendekat Timur

$$NQ1 = 23,84$$

$$NQ2 = 51$$
$$NQ1 + NQ2 = 23,84 + 51$$
$$= 74,84$$

10. Perhitungan Panjang Antrian (QL)

Pendekat Utara

$$\begin{aligned} QL &= NQ_{\max} \times 20 / W_e \\ &= 91 \times 20 / 10 \\ &= 182 \text{ m} \end{aligned}$$

Pendekat Timur

$$\begin{aligned} QL &= NQ_{\max} \times 20 / W_e \\ &= 91 \times 20 / 11 \\ &= 165,5 \end{aligned}$$

11. Perhitungan Angka Henti (NS)

Pendekat Utara

$$\begin{aligned} NS &= 0,9 \times NQ \times (Q \times c) \\ NS &= 1,80 \end{aligned}$$

Pendekat Timur

$$\begin{aligned} NS &= 0,9 \times NQ \times (Q \times c) \\ NS &= 1,39 \end{aligned}$$

12. Perhitungan Jumlah Kendaraan Terhenti (NSv)

Pendekat Utara

$$\begin{aligned} Nsv &= Q \times NS \\ &= 3582,90 \end{aligned}$$

Pendekat Timur

$$\begin{aligned} Nsv &= Q \times NS \\ &= 2957,15 \end{aligned}$$

2.Simpang Jalan Sutomo

Simpang Jalan Sutomo akan dievaluasi menggunakan metode perhitungan yang sama seperti yang digunakan pada perhitungan Simpang jalan M.H.Thamrin. Adapun hasil perhitungan untuk pendekat Simpang jalan Sutomo telah terlampir pada lampiran. Hasil analisis kinerja untuk kedua simpang akan dirangkum dalam Tabel 4.13 berikut

Simpang	Pendekat	Q (smp)	C (smp)	CT (det)		DS	QL (m)	Delay (det/smp)
						(4)	(7)	(12)
Simpang M.H.Thamrin	JL.M.H.Thamrin (U)	1993	3981	82		0,50	181,36	11,51
	Jl. H.M.Yamin (T)	2122	2239	82		0,95	164,87	67,24
Simpang Jalan Sutomo	Jl.Sutomo (S)	2336	2499	90		0,93	255,90	37,45
	Jl.H.M.Yamin (T)	2180	5078	90		0,43	182,79	15,03
Rata-rata						0,70	196,23	32,81

Setelah mengevaluasi kinerja kedua simpang dalam kondisi eksisting, langkah selanjutnya adalah merencanakan koordinasi untuk keduanya

b. Koordinasi Sinyal Kedua Simpang

Dalam perencanaan ini, kecepatan rata-rata yang digunakan adalah 40 km/jam dengan waktu tempuh 51 detik. Pemilihan kecepatan ini didasarkan pada kesesuaian dengan kecepatan di lapangan.

Dengan mempertahankan kecepatan yang sama, waktu yang diperlukan untuk platoon bergerak dari Simpang jalan M.H.Thamrin ke Simpang Jalan Sutomo juga akan sama.

Dalam diagram aliran platoon terdapat jalur lintasan, besarnya jalur lintasan ini disebut bandwidth. Bandwidth memiliki persyaratan bahwa jalur lintasan tersebut tidak boleh melibatkan sinyal merah supaya arusnya dapat terus mengalir tanpa hambatan. Jika dalam diagram terdapat jalur yang berpotensi melibatkan sinyal merah, dilakukan penyesuaian siklus waktu secara horizontal hingga posisi yang sesuai ditemukan, atau alternatifnya dengan mereduksi jalur itu sendiri agar memenuhi persyaratan bandwidth.

Adapun diagram aliran platoon kendaraan setelah koordinasi sinyal untuk kedua simpang dengan waktu siklus baru yaitu 90 detik sesuai perencanaan, untuk arus dari Simpang Jalan M.H.Thamrin ke Simpang Jalan Sutomo.

Adapun hasil penyeragaman waktu siklus pada Simpang Jalan M.H.Thamrin menggunakan waktu siklus eksisting Simpang Jalan Sutomo yaitu sebagai berikut.

	Simpang Jalan M.H.Thamrin		Simpang Jalan Sutomo	
	Pendekat		Pendekat	
	Utara	Timur	Timur	Selatan
Hijau	43	33	42	34
Amber	3	3	3	3
Merah	40	50	41	49
All Red	4	4	4	4
Intergreen	7	7	7	7
LTI	14	14	14	14
CT	90	90	90	90

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh waktu siklus baru untuk Simpang Jalan M.H.Thamrin sebesar 90 detik, sehingga waktu siklus kedua simpang telah seragam dan ter-koordinasi dengan baik.

C. Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kondisi Setelah Koordinasi

Dari analisis di atas, diperoleh perencanaan optimal untuk koordinasi pada kedua simpang. Pada kondisi eksisting, terlihat bahwa kedua simpang belum terkoordinasi, yang tercermin dari perbedaan waktu siklus antara keduanya, yakni 82 detik pada Simpang Jalan M.H.Thamrin dan 90 detik pada Simpang Jalan Sutomo. Dalam perencanaan koordinasi, waktu siklus diseragamkan karena itu merupakan syarat koordinasi, dan hasilnya dipilih berdasarkan perencanaan kinerja optimal yaitu pada perencanaan diatas, dimana pada perencanaan ini

merupakan penyeragaman waktu siklus menjadi 90 detik untuk kedua simpang. Sehingga pada simpang Jalan M.H.Thamrin yang semula memiliki waktu siklus 82 menjadi 90 detik. Perbandingan antara kondisi eksisting dan setelah koordinasi dapat ditemukan pada tabel

Simpang	Pendekat	Waktu Siklus		Derajat Kejenuhan		Panjang Antrean		Tundaan	
		Eksisting	Koordinasi	Eksisting	Koordinasi	Eksisting	Koordinasi	Eksisting	Koordinasi
Simpang Jalan M.H.Thamrin	Jl.H.M.Yamin (T)	82	90	0,95	0,73	164,9	176,3	67,24	53,92
	Jl.M.H.Thamrin (U)	82	90	0,50	0,58	181,36	193,98	11,51	16,92
Simpang Jalan Sutomo	Jl.H.M.Yamin (T)	90	90	0,43	0,46	182,3	169,18	14,31	16,24
	Jl.Sutomo(S)	90	90	0,93	0,85	253,9	236,85	37,45	28,79
Rata-rata				0,70	0,65	196,23	195,07	32,81	28,69

dibawah ini

terlihat bahwa kinerja simpang setelah di koordinasikan mengalami peningkatan dibandingkan dengan sebelumnya. Oleh karena itu, skema koordinasi seperti yang direncanakan dapat digunakan pada kedua simpang sehingga menjadikan arus menjadi lebih lancar dan tidak berhenti karena mendapatkan sinyal merah dua kali

b. Pembahasan

Pada kondisi eksisting atau sebelum diberlakukannya koordinasi simpang, kedua simpang memiliki waktu siklus yang berbeda, pada Simpang Jalan M.H.Thamrin memiliki waktu siklus 82 detik dan pada Simpang Jalan Sutomo memiliki waktu siklus 90 detik. Dengan jarak sekitar 570 meter, dari hasil survei didapatkan kecepatan rata-rata 40 km/jam dari Simpang Jalan M.H.Thamrin menuju Simpang Jalan Sutomo begitupun sebaliknya. Sedangkan kinerja kedua simpang pada kondisi eksisting telah disajikan pada Tabel 4.13 yaitu, pada kondisi eksisting dikedua simpang memiliki derajat jenuh rata – rata sebesar 0,70, panjang antrean sebesar 196,23 meter dan tundaan rata-rata sebesar 32,81 detik/smp. Menurut Peraturan Kemenhub Nomor 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan, nilai tundaan tersebut termasuk dalam tingkat pelayanan D.

Dengan adanya koordinasi simpang dan penyeragaman waktu siklus dengan perencanaan ini didapatkan waktu siklus terbaik untuk kedua simpang yaitu 90 detik, sehingga didapatkan offset sebesar 51 detik dengan kecepatan rata-rata 40 km/jam dari Simpang Jalan M.H.Thamrin ke Simpang Jalan Sutomo dan didapatkan bandwidth sebesar 32 detik dengan efisiensi bandwidth sebesar 56,6% dari Simpang Jalan M.H.Thamrin pada pendekat Timur menuju Simpang Jalan Sutomo.

Berdasarkan rekayasa koordinasi kedua simpang yang disimulasikan didapatkan perbandingan kinerja kedua simpang rata-rata pada kondisi eksisting (sebelum koordinasi) dan sesudah koordinasi yang telah disajikan pada Tabel 4.28. Kondisi simpang setelah koordinasi merupakan hasil penyesuaian cycle time Simpang Jalan M.H.Thamrin terhadap Cycle time Simpang Jalan

Sutomo. Dengan diberlakukannya rekayasa koordinasi simpang yaitu pada perencanaan ini dapat menurunkan derajat jenuh rata-rata yang semula 0,70 menjadi 0,65, menurunkan panjang antrean yang semula 196,23 meter menjadi 195,07 meter, dan dapat menurunkan tundaan yang semula 32,81 detik/smp dengan tingkat pelayanan D menjadi 28,69 detik/smp dengan tingkat pelayanan D. Hal ini membuktikan bahwa dengan adanya koordinasi pada kedua simpang tersebut setidaknya dapat memberikan kinerja jalan yang lebih baik dari sebelumnya.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu Siklus kondisi eksisting atau sebelum diberlakukannya koordinasi simpang yaitu, Simpang Jalan M.H.Thamrin memiliki waktu siklus 82 detik, Simpang Jalan Sutomo memiliki waktu siklus 90 detik. Dengan jarak antar simpang yaitu 570 meter didapatkan hasil survei kecepatan rata-rata yaitu 40 km/jam, sedangkan kinerja kedua simpang pada kondisi eksisting yaitu, memiliki derajat jenuh rata – rata (DS) sebesar 0,70, panjang antrean (QL) sebesar 195,07 meter, tundaan rata-rata (Delay) sebesar 32,81 detik/smp.
2. Waktu Siklus setelah dilakukan pengkoordinasian simpang yaitu; Simpang Jalan M.H.Thamrin memiliki waktu siklus 90 detik, Simpang Jalan Sutomo memiliki waktu siklus 90 detik, Memiliki derajat jenuh rata-rata (DS) sebesar 0,65, Panjang antrean (QL) sebesar 195,07, Tundaan rata-rata (Delay) sebesar 28,6 detik/smp, Offset 51 detik sebagai waktu tempuh rata-rata dari Simpang Jalan M.H.Thamrin menuju Simpang Jalan Sutomo, bandwidth sebesar 32 detik dengan efisiensi bandwidth sebesar 56,6 % dari Simpang Jalan M.H.Thamrin pendekat Timur menuju Simpang Jalan Sutomo Pendekat Timur
3. Perbandingan kinerja pada kondisi eksisting terhadap kinerja setelah koordinasi yaitu; derajat jenuh rata-rata (DS) yang semula 0,70 menjadi 0,65, panjang antrean (QL) yang semula 196,23 meter menjadi 195,07 meter, tundaan (*Delay*) yang semula 32,81 detik/smp dengan tingkat pelayanan D, menjadi 28,69 detik/smp dengan tingkat pelayanan D.
4. Pengkoordinasian dengan menyamakan cycle time eksisting tidak menunjukkan hasil yang signifikan, terlihat pada tingkat pelayanan yang masih sama-sama D baik sebelum dan sesudah pengkoordinasian.

Referensi

- Cahyaningrum, F. P., & Munawar, A. (2014). Koordinasi simpang bersinyal pada Simpang Kentungan-Simpang Monjali Yogyakarta. *Jurnal Transportasi*, 14(1), 21–30.
- Direktorat Jenderal Bina Marga dan Direktorat Bina Jalan Kota. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. PT Bina Karya (Persero).
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. (1996). *Pedoman Teknis Persimpangan*. Jakarta: Departemen Perhubungan
- Ertamy, A. (2020). Perencanaan Koordinasi Simpang Untuk Menangani Kemacetan Lalu Lintas Pada Jalan Jendral Sudirman, Kota Balikpapan. *Plano Madani: Jurnal Perencanaan Wilayah & Kota*. 9(1). 15-28.

- Hapsari, S. D., D. Ratnaningsih, U. Subagyo. (2021). Analisis Koordinasi Sinyal Antar Simpang Jalan Ranugrati Dan Simpang Jalan Mayjen M. Wiyono Kota Malang. Jurnal JOS-MRK, 2(2), 41-46. <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- Hobbs, F. D. 1979. Perencanaan dan teknik lalu lintas. Edisi kedua. Terjemahan oleh Ir. Suprpto TM., Msc. dan Ir. Waldijono. 1995. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ikhwan, M. 2014. Analisa Dan Koordinasi Sinyal Antara Simpang Sumber Dan Simpang Pom Bensi Manahan (Studi Kasus : Simpang Ruas Jalan Jenderal Ahmad Yani Surakarta). Jurnal. Universitas Sebelas Maret.
- Khisty, C.J. dan Lall, B.K.2003. Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1. Jakarta:Erlangga.
- Khisty, C.J. dan Lall, B.K.2006. Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 2. Jakarta:Erlangga.
- McShane, W.R. dan Roess, R.P. 1990. Traffic Engineering. Prentice Hall Inc. Englewood cliffs. New Jersey.