

Tinjauan Lampu Lalu Lintas Persimpangan Goa Ria, Makassar Menggunakan Metode PKJI 2014

Ika Apriyani*¹, Robert Mangontan *², Alex Sandria Tato*³

*^{1,2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, apriyani.ika01@gmail.com*¹ dan robertmangontan@ukipaulus.ac.id*²

*³ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, alexsandriatato565@gmail.com

Corresponding Author: apriyani.ika01@gmail.com

Abstrak

Populasi dan jumlah kendaraan di Kota Makassar selaku ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan, setiap tahunnya terus bertambah, sehingga arus lalu lintas meningkat. Untuk itu harus didukung dengan fasilitas pelayanan yang memadai, terutama pada jalur-jalur yang dapat mengakibatkan kemacetan jika tidak ditangani secara teknis. Salah satu contoh persimpangan bersinyal yang sering terjadi antrian cukup panjang yaitu persimpangan Goa Ria di Kecamatan Biringkanaya, Kota Makassar Dengan Menggunakan Metode PKJI 2014. Lokasi penelitian di persimpangan Jalan Goa Ria, Kecamatan Biringkanaya merupakan simpang tiga bersinyal. Pada persimpangan ini sering terjadi kemacetan, antrean, dan tundaan karena lalu lintas yang padat, terutama pada jam sibuk. Berdasarkan permasalahan diatas, simpang bersinyal di Jalan Goa Ria, Kecamatan Biringkanaya perlu ditinjau kembali tentang pengaturan lampu lalu lintas dengan menggunakan metode PKJI 2014 sebagai pemutakhiran dari MKJI 1997. Hasil Tinjauan Lampu Lalu Lintas pada Persimpangan Goa Ria, Kecamatan Biringkanaya didapatkan Pengaturan lampu lalu lintas pada simpang Goa Ria, Kecamatan Biringkanaya kurang efektif karena berdasarkan perhitungan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 menghasilkan nilai waktu siklus lampu lalu lintas yang berbeda dan nilai panjang antrian dan tundaan yang tinggi terutama pada lengan utara. Volume lalu lintas pada persimpangan Goa Ria, kecamatan Biringkanaya terjadi pada jam puncak sore dengan volume pada lengan Utara 1182 skr/jam, Timur 152,8 skr/jam, dan Selatan 955,8 skr/jam.

Kata kunci: Persimpangan, Lampu Lalu Lintas, Volume

Abstract

The population and count of vehicles in Makassar City as the capital city of South Sulawesi Province, continues to increase every year, so that traffic flow increases. For this reason, it must be supported with adequate service facilities, especially on routes that can cause congestion if not handled technically. One example of a signalized intersection where long queues often occur is the Goa Ria intersection in Biringkanaya District, Makassar City Using the 2014 PKJI Method. The research location at the intersection of Jalan Goa Ria, Biringkanaya District is a three-signalized

intersection. At this intersection congestion, queues and delays often occur due to heavy traffic, especially during rush hour. Based on the problems above, the signalized intersection on Jalan Goa Ria, Biringkanaya District needs to be reviewed regarding traffic light settings using the PKJI 2014 method as an update from MKJI 1997. The results of the Traffic Light Review at Goa Ria Intersection, Biringkanaya District obtained traffic light settings on The Goa Ria intersection, Biringkanaya District is less effective because based on calculations using the 2014 Indonesia Road Capacity Guidelines it produces different traffic light cycle time values and high queue length and delay values, especially on the north arm. Traffic volume at the Goa Ria intersection, Biringkanaya sub-district occurs during the afternoon peak hours with the volume on the North arm 1182 pcu/hour, East 152.8 pcu/hour, and South 955.8 pcu/hour.

Keywords: *Intersection, Traffic Light, Volume*

PENDAHULUAN

Persimpangan perencanaan adalah komponen penting dari desain jalan raya karena mempengaruhi tingkat pelayanan dan keselamatan arus lalu lintas. Seringkali, persimpangan tidak dipertimbangkan secara hati-hati sebagai simpul dalam sistem jaringan jalan. Jelas bahwa banyak desain persimpangan harus diperhitungkan untuk meningkatkan transportasi kota.

Populasi dan jumlah kendaraan di Kota Makassar, ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan, setiap tahunnya terus bertambah, sehingga arus lalu lintas meningkat. Untuk itu harus didukung dengan fasilitas pelayanan yang memadai, terutama pada jalur-jalur yang dapat mengakibatkan kemacetan jika tidak ditangani secara teknis. Lokasi penelitian di persimpangan Jalan Goa Ria, Kecamatan Biringkanaya merupakan simpang tiga bersinyal. Pada persimpangan ini sering terjadi kemacetan, antrean, dan tundaan karena lalu lintas yang padat, terutama pada jam sibuk. Berdasarkan permasalahan diatas, simpang bersinyal di Jalan Goa Ria, Kecamatan Biringkanaya perlu ditinjau kembali tentang pengaturan lampu lalu lintas dengan menggunakan metode PKJI 2014 sebagai pemutakhiran dari MKJI 1997.

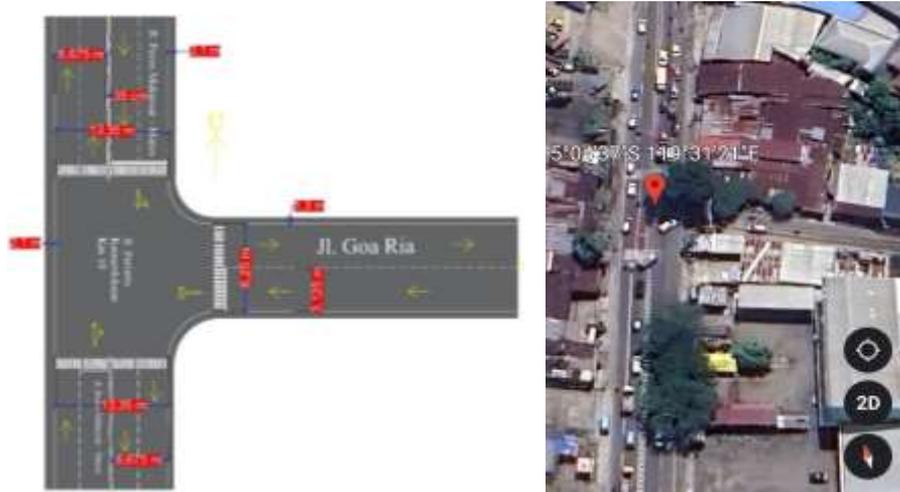
Banyak penelitian sebelumnya dengan fokus serupa telah diselesaikan sebelum yang satu ini diantaranya yaitu Achmad Taufik, 2021. Hasil analisis dengan PKJI 2014 diperoleh derajat kejenuhan simpang sebesar 0,897 (lebih dari 0,85), Dengan Tingkat pelayanan F, antrian mencapai 337 meter dan tundaan sebesar 251,263 detik/skr. Solusi yang dipilih untuk mengatasi permasalahan Simpang Empat menggunakan lebar lajur $L = 3$ meter digunakan untuk semua pendekat di Jl. Panglima Sudirman, Jl. Untung Suropati, Jl. Kh. A. Dahlan, dan Jl. Urip Sumoharjo. Alternatif mendapatkan nilai derajat kejenuhan 0,635 (di bawah 0,85), panjang antrian maksimal 71 m [1] Muhammad Ridho Julio, 2023. Menurut perhitungan, Dj simpang Olo Ladang saat mendekati Jalan Veteran adalah 0,70, PA 97 meter, dan tundaan 86 detik, Pada simpang Damar yang berada di dekat Jalan Damar tundaan 32 detik/skr, PA 41 meter, dan DJ 0,57 dan Koordinasi Simpang Olo Ladang dan Simpang Damar berlangsung selama 105 detik [2], Erwin Harahap, 2018. Pengamatan langsung jalan raya digunakan untuk memperoleh data. Selain itu, analisis data berbasis teori antrian telah dilakukan. Pada penelitian ini digunakan model antrian M/M/1, dimana waktu pelayanan pada lampu lalu lintas diasumsikan mengikuti distribusi eksponensial dan kedatangan mobil mengikuti proses Poisson [3], Meidia Refiyanni, 2019. Volume arus lalu lintas Manekro adalah 3218 smp/jam dengan kapasitas 1963 smp/jam, Jalan Imam Bonjol 2855 smp/jam dengan kapasitas 1741 smp/jam, Jalan Sisingamangaraja 2981 smp/jam dengan kapasitas 1818 smp/jam, dan Jalan Gajah Mada 2981 smp/jam dengan kapasitas 1818 smp/jam [4], Arjun Firghani, 2022. Sesi sore menghasilkan total volume rata-rata terbesar dari uji coba ini, 2169,6 skr/jam. Dengan penundaan 2,6 dan 7,6 detik antara siklus pagi dan sore, nilai kesenjangan sesi pagi

dan sore terjadi masing-masing sebesar 6 dan 10 detik. Analisis berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia mengungkapkan waktu hijau di lapangan terjadi pada kisaran 26 hingga 54 detik. Nilai *green time* terjadi pada rentang 16 sampai 48 detik [5], Leonardus Michael Gunawan, 2022. Pendekatan Monte Carlo akan digunakan untuk mengumpulkan data, dan nomor acak akan dibuat yang memiliki peluang yang sama untuk muncul sebagai volume mobil yang lewat saat ini. [6], Rita Nasmirayanti, 2019. Setiap persimpangan mengalami penurunan derajat kejenuhan dari nilai ketika fase sinyal diubah menjadi 4, tetapi masih lebih besar dari 0,75. kemudian mendesain ulang simpang tersebut agar dapat digunakan kembali. Hal itu dilakukan dengan memposisikan ulang marka jalan yang ada sedemikian rupa sehingga L_M lebih lebar dan menekan sehingga angka derajat jenuhnya berkurang [7], Delsiana Sraun, 2018. Pada pukul 16.00 hingga 17.00 seluruh pendekat mengalami arus puncak yang ditandai dengan tingkat kejenuhan 0,38 untuk pendekat Pall 2, 1,05 untuk pendekat Tikala, dan 1,15 untuk pendekat Tuminting. Perencanaan alternatif diperlukan karena nilai DS untuk pendekatan Tikala dan Tuminting telah meningkat di atas 1. Penambahan lebar pintu masuk merupakan salah satu opsi perencanaan (WMASUK). Total waktu siklus yang sedang digunakan juga dipengaruhi oleh perubahan lebar input ini. Tingkat kejenuhan pada tahun 2028 untuk semua pendekatan kemudian dihitung menggunakan data dari prediksi yang diperkirakan, dengan pendekatan Pall 2 menghasilkan nilai 2,16, pendekatan Tikala masuk pada 1,22, dan strategi Tuminting menghasilkan nilai 2,42 [8], Fadly Andre Tuda, 2018. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai DS lebih besar dari 0,75 menunjukkan kurang efisien dan sering mengalami kemacetan yang menyebabkan tundaan yang cukup berarti pada simpang. Untuk mengatasi hal ini, diputuskan untuk memperlebar jalan ke segala arah lengan simpang dengan menambahkan jalur khusus sepanjang 2,5 m untuk belokan langsung ke kiri. Waktu siklus 73 detik dicapai dengan waktu hijau fase 1 (21 detik), fase 2 (7 detik), fase 3 (23 detik), dan fase 4 (3 detik) menggunakan parameter fase sinyal identik seperti sebelumnya. Dengan tundaan simpang rata-rata 28,25 detik/smp dan tundaan simpang rata-rata 0,597 stop/smp, nilai DS naik menjadi 0,745 [9], Herri Arnanda, 2019. Hasil dari penelitian didapat kelayakan RHK yang dilihat dari tingkat keterisian ialah rata-rata 50% yang artinya kurang berhasil diterapkan sedangkan untuk kinerja simpang bersinyal semakin bertambah dimana didapat nilainya $\geq 0,85$ dimana artinya arus lalu lintas macet. Kesimpulannya bahwa fungsi RHK tidak membuat kinerja simpang bersinyal menjadi baik sehingga RHK yang ada di Simpang Jambo Tape tidak layak. Untuk itu diharapkan kepada Pemerintah setempat dengan hasil ini dapat menjadi acuan dalam evaluasi RHK di Simpang Jambo Tape sehingga kelayakan Zona RHK tersebut menjadi baik [10].

METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Tempat yang dipilih untuk penelitian adalah persimpangan di Simpang Goa Ria, Kec Biringkanaya, yang dimana pada simpang ini di Jl.Poros Maros-Makassar arah ke kota memiliki lebar jalan keseluruhan 13,7 m, lebar median 35 cm dan bahu jalan 2,1 m. Sedangkan pada Jl.Goa Ria memiliki lebar keseluruhan jalan 6,25 m dan bahu jalan 1,3 m.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Kondisi Lokasi Penelitian

B. Waktu Penelitian

Penelitian berlangsung selama 3 hari, yaitu:

1. Selasa dan Kamis adalah dua hari yang mewakili hari kerja.
2. Hari libur hanya diamati pada satu hari, yaitu hari Minggu.

Jam puncak diamati dalam satu hari, yaitu pada:

1. Jam pagi = 07.00 – 09.00 WITA
2. Jam siang = 12.00 – 14.00 WITA
3. Jam sore = 16.00 – 18.00 WITA

Untuk mengetahui volume lalu lintas yang tinggi pada jam-jam sibuk melalui persimpangan jalan Goa Ria, Kec Biringkanaya.

C. Tahap Pengambilan Data

1. Data Primer

Berikut data diperlukan untuk menganalisis perhitungan lampu lalu lintas:

- 1). Data geometrik simpang
- 2). Data volume lalu lintas
- 3). Data sinyal

2. Data Sekunder

data sekunder, atau informasi yang dikumpulkan dari kantor dan organisasi terkait lainnya. data sekunder, seperti statistik penduduk dan peta jaringan jalan.

D. Analisis Data

Untuk menghitung jumlah kendaraan lalu lintas yang melewati suatu ruas jalan dalam waktu tertentu dilakukan pada saat waktu sibuk atau jam-jam puncak, Kegiatan diatas dilakukan pada hari yang sudah ditentukan yaitu hari selasa, kamis, minggu.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah dasar dari merencanakan sebuah lampu lalu lintas yaitu besarnya volume lalu lintas yang tertunda akibat siklus waktu lampu lalu lintas tersebut dan terjadi pada saat jam puncak atau waktu sibuk. Data dari volume lalu lintas dari tiap lengan dikonversi ke volume perjam dari interval volume 15 menit yang berturut-turut, kemudian mengidentifikasi volume puncak data [11]. Berikut volume maksimum pada persimpangan Goa Ria, Kecamatan Biringkanaya di bawah ini:

Tabel 1. Volume Puncak Tiap Lengan

Volume Kendaraan (skr)				
WAKTU	U	S	T	—
16.00-16.15	1182	951.7	90.8	
16.15-16.30	969.4	861.1	99.3	
16.30-16.45	873.6	872	99.4	
16.45-17.00	969.4	759.8	133.7	
17.00-17.15	974.1	853.2	152.8	
17.15-17.30	942.3	936.7	96.4	
17.30-17.45	954.9	955.8	121.7	
17.45-18.00	870.9	808.2	95.7	

Hasil analisis diperoleh volume puncak untuk lengan Utara 1182 pada pukul 16.00-16.15, lengan Selatan 955,5 skr/15 menit pada pukul 17.30-17.45, dan lengan Timur 152,8 skr/15 menit pada pukul 17.00-17.15.

B. Arus Jenuh

Tabel 2. Arus Jenuh

Lengan	So (skr/jam)	FUK	FHS	FG	FP	FBKa	FBKi	S (skr/jam)
U	3000	1	0,92	1	1	1	0,979	2702.3
T	1320	1	0,92	1	1	1,120	1,086	1477.2
S	1320	1	0,92	1	1	1,029	1	1249.3

Hasil analisis diperoleh arus jenuh (S) Lengan Selatan 1249,3 skr/jam, Lengan Timur 1477,2 skr/jam, dan Lengan Utara 2702,3 skr/jam.

C. Kapasitas

Tabel 3. Kapasitas Simpang

Pendekat	Arus Jenuh (S)	waktu hijau (H)	Waktu Siklus (c)	kapasitas (C)
Utara	3702.1	63	132	1289.7
Selatan	1938.5	17	132	160.4
Timur	2100.0	28	132	313.6

Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas simpang adalah 313,6 skr/jam untuk lengan Timur, 160,4 skr/jam untuk lengan Selatan, dan 1031,8 skr/jam untuk lengan Utara.

D. Derajat Jenuh

Tabel 4. Derajat Jenuh Simpang

Lengan	Arus Lalu Lintas (Q) (skr/jam)	Kapasitas (C) (skr/jam)	Derajat Jenuh (DJ)
U	1182,4	1031.8	0,9168
T	152.8	160.4	0.4872
S	105.6	313.6	0.6585

Menurut temuan analisis, Dj lengan Utara adalah 0,9168, lengan Timur adalah 0,4872, dan lengan Selatan adalah 0,6585.

E. Perhitungan NQ1 dan NQ2

Tabel 5. Jumlah Kendaraan Antri

Pendekat	NQ1	NQ2	NQ
Utara	3,17	36,3	39
Selatan	1	3,7	5
Timur	0	5,1	5

Tabel 6. Jumlah Antrian Maksimum

Pendekat	NQ	Nqmax
Utara	39	43
Selatan	5	5
Timur	5	5

Dapat dilihat pada Tabel 6 Jumlah kendaraan yang mengantri (Nqmax) pada lengan Utara yaitu sebesar 43 skr/jam hijau dan pada lengan Selatan 5 skr/jam hijau dan Timur 5 skr/jam hijau.

F. Tundaan Lalu Lintas dan Tundaan Geometrik

Cara menghitung tundaan (T) pada lengan Utara.

$$\begin{aligned}
 TL &= c \times \frac{0,5 \times (1 - RH)^2}{(1 - RH \times D)} + \frac{NQ1 \times 3600}{C} \\
 &= 132 \times \frac{0,5 \times (1 - 0,699)^2}{(1 - 0,699 \times 0,917)} + \frac{3,17 \times 3600}{1289,7} \\
 &= 248,93 \text{ det/skr}
 \end{aligned}$$

Tundaan geometrik rata-rata (TG) lengan Utara.

$$\begin{aligned}
 TG &= (1 - RKH) \times PB \times 6 + (RKH \times 4) \\
 &= (1 - 0,82) \times 1,9 \times 6 + (0,82 \times 4) \\
 &= 3,28 \text{ det/skr}
 \end{aligned}$$

G. Waktu Hilang

Waktu hilang didapatkan dengan menghitung langsung di lapangan menggunakan *stopwatch*. Waktu hilang terbagi atas dua yaitu waktu hilang awal dan waktu hilang akhir.

Tabel 7. Waktu Hilang

Waktu Hilang			
Lengan	Hilang Awal (detik)	Hilang Akhir (detik)	Total
Utara	05,05	03,98	9
Timur	03,59	04,88	9
Selatan	02,84	05,60	9

H. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Pada penyesuaian ulang waktu siklus perlu menghitung waktu siklus dan waktu hijau. Perhitungan waktu siklus (CBP) untuk lengan Utara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 HH &= 3 \times HA \\
 &= 3 \times 9 \\
 &= 27 \\
 CBP &= (1,5 \times HH + 5) / (1 - \sum RQ/Skritis) \\
 &= (1,5 \times 27 + 5) / (1 - 0,626) \\
 &= 121,657
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu hijau (HI) lengan Utara sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Hi &= (CBP - HH) \times RF \\
 &= (121,657 - 27) \times 0,699 \\
 &= 66,165 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dalam perancangan ulang jam puncak, waktu siklus dimodifikasi menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 c &= \sum Hi + HH \\
 &= 94,656 + 27 \\
 &= 121,656 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 8 menampilkan hasil penentuan waktu siklus dan waktu hijau.

Tabel 8. Waktu Hijau dan Waktu Siklus

Pendekat	Tipe Pendekat	Waktu Hijau (Hi)	Waktu Siklus Disesuaikan (c)
		Detik	Detik
Utara	P	66,165	121,656
Timur	P	15,618	121,656
Selatan	P	12,873	121,656

I. Pembahasan

1. Volume Jam Puncak

Dari ketiga periode pengambilan data maka diketahui volume puncak terjadi pada saat hari Selasa, 16 Agustus 2022 pada pukul 16.00-17.00 WITA dengan volume sebesar 7848,1 skr/jam.

2. Panjang Antrian

Tabel 9. Panjang Antrian

Lengan	Panjang Antrian			Panjang Antrian (PA) (m)
	NQ1	NQ2	NQ	
Utara	3,17	36,3	43	173,78
Timur	0	3,7	5	60,87
Selatan	1	5,1	5	46,75

Perhitungan menunjukkan panjang lengan Utara 173,78 meter, panjang lengan Timur 60,87 meter, dan panjang lengan Selatan 46,75 meter.

3. Tundaan

Tabel 10. Tundaan Rata-rata

Lengan	Tundaan		
	Tundaan Lalu Lintas Rata-rata (TL)	Tundaan Geometrik Rata-rata (TG)	Tundaan Rata-rata (T)
Utara	248,93	3,28	252,21
Timur	146,12	3,91	150,03
Selatan	93,07	4,34	97,40

Hasil dari perhitungan diperoleh tundaan rata-rata untuk lengan Utara 252,21 det/skr, lengan Timur 150,03 det/skr, dan lengan Selatan 97,40 det/skr.

4. Merancang Waktu Siklus

Tabel 11. Waktu Siklus Baru

Kode Pendekat	Waktu Nyala (detik)				Waktu Siklus (detik)
	Merah	Merah Semua	Hijau	Kuning	
U	51	2	66	3	122
T	101	2	16	3	122

S	104	2	13	3	122
---	-----	---	----	---	-----

Perancangan ulang waktu siklus simpang terdiri dari 3 fase dan pendekat dari arah Selatan ke Utara lurus jalan terus atau tidak dipengaruhi oleh lampu lalu lintas dan setiap pendekat belok kiri jalan terus. Pergerakan fase dimulai dari:

- 1) Fase 1, ketika pendekat Utara ke Selatan hijau selama 66 detik, pendekat dari arah Timur ke Utara dan Selatan ke Timur tundaan selama 71 detik.
- 2) Fase 2, Ketika pendekat dari arah Selatan ke Timur Hijau selama 13 detik, tundaan selama 18 detik saat datang dari utara, selatan, dan timur
- 3) Fase 3, ketika pendekat dari arah Timur ke Utara hijau selama 16 detik, pendekat dari arah Utara-Selatan dan pendekat Selatan-Timur tundaan 21 detik.

KESIMPULAN

Volume lalu lintas pada persimpangan Goa Ria, kecamatan Biringkanaya terjadi pada jam puncak sore pada hari Selasa dengan nilai pada lengan Utara 1182 skr/jam, Timur 152,8 skr/jam, dan Selatan 955,8 skr/jam.

Pengaturan lampu lalu lintas pada Persimpangan Goa Ria, Kecamatan Biringkanaya kurang efektif karena berdasarkan perhitungan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 menghasilkan nilai waktu siklus lampu lalu lintas yang berbeda dan nilai panjang antrian dan tundaan yang tinggi terutama pada lengan utara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Taufik, "Kajian Karakteristik Simpang Bersinyal dengan Metode PKJI 2014 (Studi Kasus Simpang Jl. Panglima Sudirman - Untung Suropati - KH.Dahlan, Kota Pasuruan)". *GELAGAR*, Vol. 3, No.2, hlm. 88-97, 2021.
- [2] M. R. Julio, M. W. Hasan, dan Z. Mizwar, "Tinjauan Kinerja Koordinasi Sinyal Lampu Pengatur Lalu Lintas Antar Persimpangan Olo Ladang - Damar Kota Padang". *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University*, Vol. 1, No.1., hlm.109-110. 2023. <https://ejournal.bunghatta.ac.id/index.php/JFTSP/article/view/23156>
- [3] E. Harahap, Y. Permanasari, F. H. Badruzzaman, E. Marlina, D. Suhaedi, dan M. Y. Fajar, "Analisis Antrian Lalu Lintas Pada Persimpangan Buah Batu – Soekarno Hatta Bandung," *Matematika*, vol. 17, no. 2, Nov 2018, doi: 10.29313/jmtm.v17i2.4552.
- [4] M. Refiyanni dan L. Opirina, "Tinjauan Ulang Kinerja Simpang Bersinyal pada Simpang Kisaran Meulaboh" *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 5, No.2, 2019. <http://jurnal.utu.ac.id/jtsipil/article/view/1393>
- [5] A. Firghani, S. Putra, dan M. Karami, "Tinjauan Gap Pada Simpang Tiga Lengan Bersinyal Terhadap Waktu Hijau," *REKAYASA J. Ilm. Fak. Tek. Univ. Lampung*, vol. 26, no. 2, hlm. 29–33, Agu 2022, doi: 10.23960/rekrjits.v26i2.53.
- [6] L. M. Gunawan, W. N. Hernawan, dan K. Teknomo, "Perbandingan Persimpangan dengan Putar Balik (U-turn) dan Lampu Lalu Lintas dengan Metode Tradisional dan Ideal Flow Network". *J. Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol. 11, No.2, hlm. 123-129, 2022. <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/12913>
- [7] R. Nasmirayanti, "Perencanaan Ulang Pengaturan Fase Alat Pengatur Lalu Lintas pada Persimpangan Bersinyal di Persimpangan Jl. Jend. Sudirman - Kis Mangun Sarkoro" *Rang Tek. J.*, vol. 2, no. 1, Apr 2019, doi: 10.31869/rjt.v2i1.775.
- [8] D. Sraun, A. L. E. Rumayar, dan L. Jefferson, "Analisa Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Tiga Bersinyal di Manado". *J. Sipil Statik*, Vol. 6, No.7, 2018. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/19884>

- [9] F. A. Tuda, J. A. Timboeleng, dan S. C. N. Palenewen, "Perencanaan Lampu Pengatur Lalu Lintas pada Persimpangan Jalan AA Maramis dan Jalan Ring Road II Menggunakan Metode MKJI 1997" *J. Sipil Statik*, Vol. 6, No.10, 2018. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/20475>
- [10] H. Arnanda, R. Anggraini, dan Y. Darma, "Tinjauan Kelayakan Ruang Henti Khusus (RHK) Berdasarkan Tingkat Keterisian di Simpang Bersinyal Kota Banda Aceh" *TERAS J.*, vol. 9, no. 2, hlm. 114, Sep 2019, doi: 10.29103/tj.v9i2.199.
- [11] L. E. Radjawane, *Rekayasa Lalu Lintas*, 2022, Nuta Media, Yogyakarta.