

ANALISIS PENENTUAN FASE YANG OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL TERHADAP PANJANG ANTRIAN DAN TUNDAAN

Mukhlis Mustamin¹, Hakzah², Jasman³

Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare

¹mumugiwara@gmail.com

²hakzahs@gmail.com

³Jasmanyusuf@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu penyebab tingginya kemacetan di jalan, khususnya di persimpangan, adalah pesatnya pertumbuhan kota. Kinerja Persimpangan menjadi sangat penting untuk manajemen lalu lintas yang efektif. Penulis melakukan evaluasi pengaturan fase pada persimpangan bersinyal untuk menentukan kinerja persimpangan. penulis juga menyelidiki sumber kemacetan di persimpangan. Metode Kapasitas Jalan Indonesia 1997 digunakan untuk mengevaluasi data dari survei lapangan. Hasil evaluasi hasil perhitungan dan analisis data menunjukkan bahwa persimpangan Jl. Jendral Ahmad Yani - Jl. Jendral Sudirman diubah dari 2 fase menjadi 3 fase. Ini menghasilkan derajat kejenuhan 0,86 ($DS > 0,75$), total kendaraan berhenti 2050 km/jam, dan rata-rata tundaan simpang 33 detik/smp. Untuk mengurangi kemacetan, panjang antrian dan tundaan yang terjadi pada persimpangan Jl. Jendral Ahmad Yani – Jl. Jendral Sudirman perlu dilakukan pelebaran jalan ataupun menambah lebar efektif jalan pada persimpangan terkhusus pada ruas Jl. Jendral Ahmad Yani.

Kata kunci : fase persimpangan, kapasitas dan derajat kejenuhan

@2021 Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

Salah satu penyebab dasar masalah transportasi di kota Parepare adalah meningkatnya pertumbuhan dan perekonomian penduduk. Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan diimbangi dengan pesatnya pertumbuhan perekonomian kota, [1] maka akan semakin besar pergerakan dan aktifitas penduduk. Inilah yang menyebabkan kebutuhan akan transportasi semakin besar dan mengakibatkan penambahan jumlah kendaraan yang semakin banyak. [2] Hal utama yang perlu diperhatikan adalah pembagian arus lalu lintas, penentuan urutan pergerakan, penentuan waktu siklus, dan waktu nyala hijau. Pengaturan lampu lalu lintas disuatu persimpangan yang kurang tepat dapat mengganggu kelancaran sistem lalu lintas secara keseluruhan. [3] Walaupun di beberapa persimpangan terjadi panjang antrian kendaraan yang sudah tidak dapat dihindari. Guna mengatasi kemacetan ini sebaiknya dilakukan survey atau evaluasi kembali penentuan fase yang sudah ada pada persimpangan tersebut. Survey ini sangat diperlukan karena volume kendaraan pada saat penentuan fase sebelumnya tentu berbeda dengan volume jumlah kendaraan yang ada sekarang ini. [4] Sehingga dari studi ini diharapkan fase yang diperoleh dapat mengatasi kemacetan di setiap lengan persimpangan. Penentuan fase yang baik berpengaruh besar dalam

meningkatkan kapasitas persimpangan untuk dapat menghindari terjadinya konflik-konflik lalu-lintas, sehingga diperoleh kelancaran, kenyamanan dan keselamatan bagi pengendara yang akan melintasi persimpangan tersebut. [5]

2. TINJAUAN PUSTAKA

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari jalan. Ketika berkendara di dalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan di daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan. Di mana pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau berbelok dan berpindah ke jalan lain. Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. [2]

a. Lalu lintas

Ketentuan mengenai lalu lintas diatur dalam Bab VI UU Nomor 14 Tahun 1992 yang pada hakekatnya mengatur interaksi dinamis antara subyek yaitu pemakai jalan dan masyarakat serta Pemerintah dengan obyek yang berupa prasarana dan kendaraan, sehingga jelas hak dan kewajibannya masing-masing

b. Manajemen dan rekayasa lalu lintas

c. Kapasitas dan tingkat pelayanan

Kriteria operasional dari suatu fasilitas diwujudkan dengan istilah tingkat pelayanan (*Level Of Service*), yaitu ukuran kualitatif yang digunakan di Highway Capacity Manual, 1985 dan menerangkan kondisi operasional dalam arus lalu lintas dan penilaiannya oleh pemakai jalan (pada umumnya dinyatakan dalam kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, interupsi arus lalu lintas, keenakan, kenyamanan, dan keselamatan). Setiap tipe fasilitas telah ditentukan suatu interfal dari kondisi operasional yang dihubungkan dengan jumlah lalu lintas yang mampu ditampung disetiap tingkatan. [6]

d. Pengendalian Persimpangan

Banyak bentuk kontrol lalu lintas yang dikembangkan untuk mengurangi jumlah konflik dan meningkatkan keamanan pada persimpangan jalan, tetapi yang jelas paling penting adalah lampu (sinyal) pengatur lalu lintas. Disamping kontrol ini mencegah arus berjalan terus, dengan mengatur kesempatan untuk kendaraan berjalan setelah dihentikan dengan urutan tertentu pada arus lalu lintas yang mengalami konflik, tetapi kontrol ini juga mempunyai keuntungan dibanding bentuk-bentuk kontrol persimpangan jalan lainnya, misalnya dibanding dengan bundaran dan pemisahan secara fisik, karena sistem lalu lintas tidak banyak memerlukan ruang. Jenis-jenis utama lampu lalu lintas dirancang untuk dioperasikan pada persimpangan-persimpangan jalan yang terpencil atau pada suatu control arah lalu lintas pada suatu jaringan jalan [7]

e. Optimasi Simpang Bersinyal

Dalam mengoptimalkan suatu simpang bersinyal diperlukan pengaturan lalu lintas yang melalui simpang tersebut. Tujuan utama pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk memberikan petunjuk-petunjuk yang terarah dan tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalu lintas di simpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka dan rambu yang mengatur, mengarahkan dan memperhatikan pulau-pulau lalu lintas [8]

3. METODE PENELITIAN

Sifat dari penelitian ini adalah deskriptif analitis. Deskriptif berarti pemaparan masalah-masalah yang ada di lapangan pada saat sekarang. Sedangkan analitis berarti data yang dikumpulkan mula-mula disusun, dijelaskan kemudian di analisis. [9]

3.1 TEKNIK PENGUMPULAN DATA

1) Data primer : Data primer didapat dengan melaksanakan survei langsung di lapangan yang meliputi:

- Survei volume lalu lintas ruas jalan, survei yang dilakukan adalah menghitung volume lalu lintas kendaraan secara terklasifikasi, yang lewat pada ruas jalan
- Survei waktu sinyal Pengumpulan data waktu sinyal adalah untuk mendapatkan waktu sinyal di lapangan yang digunakan sebagai data dalam mencari nilai kapasitas persimpangan yang ada sekarang. Survei dilakukan dengan cara mencatat waktu sinyal yang ada (Merah, Kuning, Hijau). Hasil dari survei ini yaitu waktu sinyal dan waktu siklus.
- Survei hambatan samping yang diakibatkan oleh pejalan kaki, parkir pada badan jalan, kendaraan keluar-masuk, dan intensitas angkot berhenti pada daerah simpang.

2) Data sekunder.

data sekunder yaitu dengan meminjam data dari instansi terkait sebagai landasan permasalahan yang ada sekaligus pembandingan keadaan saat ini. Data yang diperoleh berupa jumlah data penduduk, geometrik simpang yang terdiri dari denah simpang, lebar jalan, lebar pendekat dan jari-jari tikungan, data inventaris lampu lalu lintas tahun 2017 (DLLAJ) Kota Parepare. [10]

3.2 Teknik Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan pembahasan tentang analisis dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang telah diperoleh dan kemudian dituangkan kedalam grafik untuk selanjutnya dapat mengelompokkan sesuai dengan identifikasi jenis permasalahan yang terjadi sehingga diperoleh analisis pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Pada tahap ini dilakukan analisis dan pengolahan data dari kinerja lalu lintas di Simpang Jl. Jend. Ahmad Yani – Jl. Jend. Sudirman, meliputi: kapasitas, Waktu Siklus, tundaan, panjang antrian, derajat kejenuhan dan tingkat pelayanan (*level of service*). [11]

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Survey

Pengujian sifat-sifat fisik agregat sebagai berikut [12]

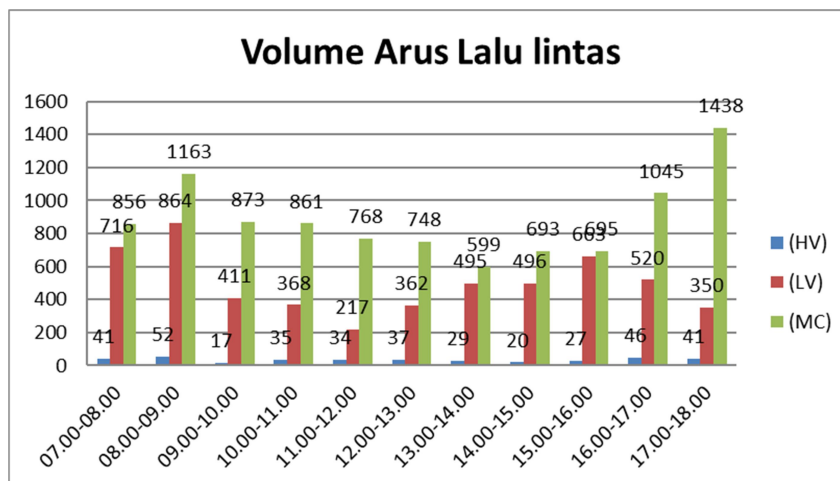
- 1) Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan Jendral Ahmad Yani arah pusat kota parepare ke jalan jendral ahmad yani arah sidrap

Tabel 1. Volume Arus lalu lintas

Sumber : Hasil pengolahan data survey 2024

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN			Volume Arus Lalulintas (smp/jam)	Volume Arus Lalulintas (Kendaraan/jam)
	Kendara an berat	Kendaraa n Ringan	Sepeda motor		
	(HV)	(LV)	(MC)		
07.00-08.00	41	716	856	1197.3	1613
08.00-09.00	52	864	1163	1513.1	2079
09.00-10.00	17	411	873	869.6	1301
10.00-11.00	35	368	861	844	1264
11.00-12.00	34	217	768	645.2	1019
12.00-13.00	37	362	748	784.1	1147
13.00-14.00	29	495	599	832.2	1123
14.00-15.00	20	496	693	868.5	1209
15.00-16.00	27	665	695	1045.6	1385
16.00-17.00	46	520	1045	1102.3	1611
17.00-18.00	41	350	1438	1122.3	1829
Total	379	5462	9739	10824.2	15580

Setelah dilakukan survey selama satu minggu pada jalan jendral ahmad yani, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari senin dengan volume arus kendaraan 15580, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah.



Gambar 1. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

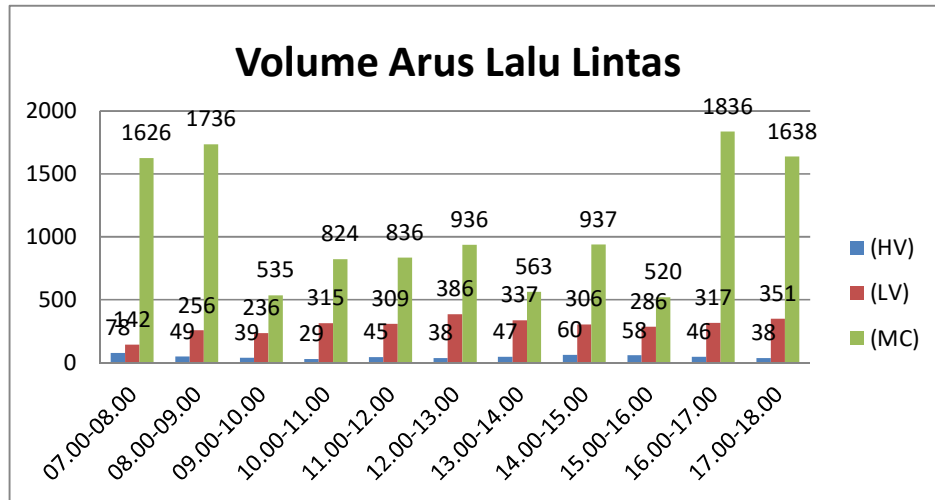
- 2) Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral ahmad yani arah sidrap ke arah pusat kota parepare.

Tabel 2. Volume Arus lalu lintas

Sumber : Hasil pengolahan data survey 2024

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)
07.00-08.00	78	142	1626	1056.4	1846
08.00-09.00	49	256	1736	1187.7	2041
09.00-10.00	39	236	535	554.2	810
10.00-11.00	29	315	824	764.7	1168
11.00-12.00	45	309	836	785.5	1190
12.00-13.00	38	386	936	903.4	1360
13.00-14.00	47	337	563	679.6	947
14.00-15.00	60	306	937	852.5	1303
15.00-16.00	58	286	520	621.4	864
16.00-17.00	46	317	1836	1294.8	2199
17.00-18.00	38	351	1638	1219.4	2027
Total	527	3241	11987	9919.6	15755

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari kamis dengan volume kendaraan 15755 sehingga jam puncak di ambil pada hari kamis, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah



Gambar 2. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam

Sumber : pengolahan data survey 2024

- 3) Data volume arus lalu lintas pada ruas jalan jendral sudirman arah makassar ke pusat kota pareparea.

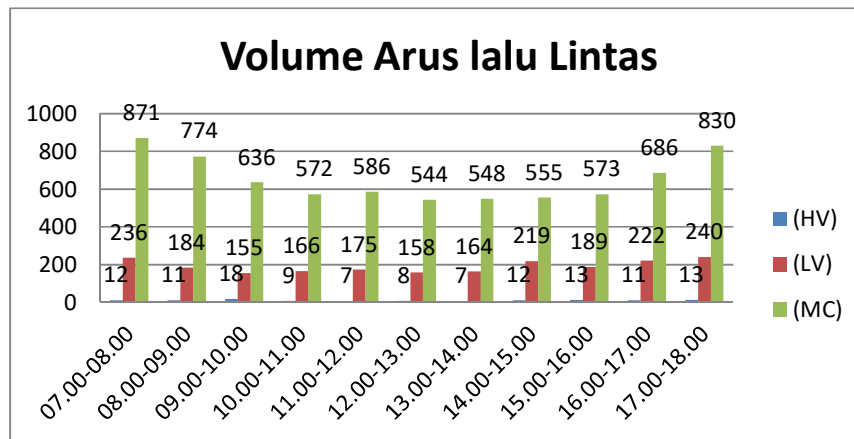
Tabel 3. Volume Arus lalu lintas

Sumber : Hasil pengolahan data survey 2024

Periode Waktu	JENIS KENDARAAN				
	Kendaraan berat	Kendaraan Ringan	Sepeda motor	Volume Arus Lalulintas	Volume Arus Lalulintas
	(HV)	(LV)	(MC)	(smp/jam)	(Kendaraan/jam)

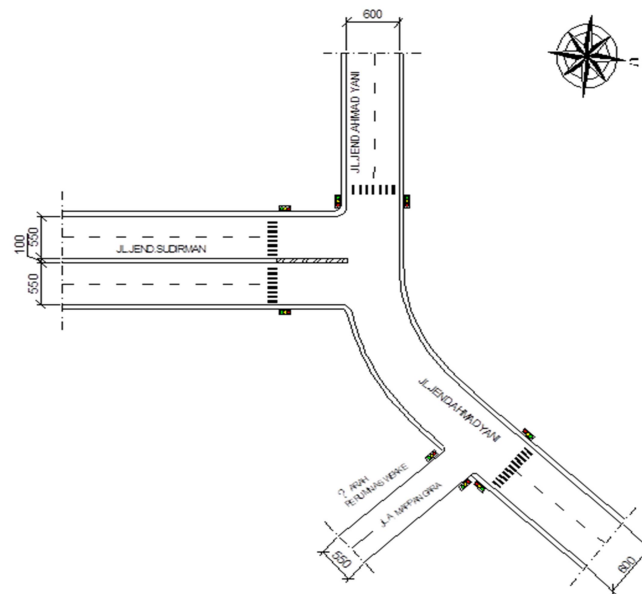
07.00-08.00	12	236	871	687.1	1119
08.00-09.00	11	184	774	585.3	969
09.00-10.00	18	155	636	496.4	809
10.00-11.00	9	166	572	463.7	747
11.00-12.00	7	175	586	477.1	768
12.00-13.00	8	158	544	440.4	710
13.00-14.00	7	164	548	447.1	719
14.00-15.00	12	219	555	512.1	786
15.00-16.00	13	189	573	492.4	775
16.00-17.00	11	222	686	579.3	919
17.00-18.00	13	240	830	671.9	1083
Total	121	2108	7175	5852.8	9404

Setelah dilakukan survey selama satu minggu, volume arus lalu lintas kendaraan tertinggi berada pada hari senin dengan volume kendaraan 9404 sehingga jam puncak di ambil pada hari senin, jam puncak tersebut bisa di lihat di gambar grafik di bawah



Gambar 3. grafik volume arus lalu lintas kendaraan per jam
Sumber : pengolahan data survey 2024

4.2 Hasil Olah Data



Gambar 4.. Geometrik persimpangan

Kondisi Lapangan

Tabel 4.Kondisi Lapangan

Pendekat		Pend,WA	Wmasuk	Wkeluar
B	Lingkungan komersial, HS=rendah	6 m	6 m	6 m
T	Lingkungan komersial, HS=rendah	6 m	6 m	6 m
S	Lingkungan komersial, HS=rendah, dengan median	5.5 m	5.5 m	6 m
T1	Lingkungan permukiman, HS=rendah	5.5 m	5.5 m	6 m

Rasio berbelok kendaraan bermotor

Tabel 5.Perhitungan rasio berbelok kendaraan bermotor

Pendekat	Plt / ltor	Prt	Pum
B		442/1607=0,28	
T	633/1377=0,46		
S	426/840=0,51	414/840=0,49	
T1	60/108=0,56	48/108=0,44	

Waktu antar hijau dan waktu hilang

Waktu antar hijau dan waktu hilang mengacu pada MKJI hal 2-44, bahwa titik konflik kritis pada masing masing fase adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua *all red* terbesar. Waktu merah semua dirumuskan :

$$MERAH \quad SEMUA = \left[\frac{(L_{EV} + l_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right]_{\max}$$

Dimana : $VEV = VAV = 10$ m/det dan panjang kendaran di asumsi 5 m. Sehingga perhitungan dapat di tabelkan sebagai berikut :

Tabel 6. Perhitungan waktu antar hijau dan waktu hilag

Pendekat	VEV	Pendekat	U	S	T	B	Allred
		VAV	10	10	10	10	

B	10	Jarak berangkat- datang	10+5- 17		
		Waktu berangkat- datang	1,0+0, 5-1,7	-0,2	
T	10	Jarak berangkat- datang	65+5- 17		
		Waktu berangkat- datang	6,5+0, 5-1,7	5,3	
S	10	Jarak berangkat- datang		17+5- 10	
		Waktu berangkat- datang		1,7+0, 5-1	1,2

Antrian dan Tundaan

a. Perhitungan antrian kendaraan di persimpangan

Tabel 7. Perhitungan antrian

	Barat	Timur	Selatan	Timur 1
Rasio Hijau (GR)	= g/c	= 31/95	= 28/95	= 23/95
	= 23/95	= 0,329	= 0,292	= 0,244
	= 0,244			
	$NQ1 = 0,25 \times C \times [(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + (8 \times DS - 0,5)/C}]$	$NQ1 = 0,25 \times C \times [(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + (8 \times DS - 0,5)/C}]$	$NQ1 = 0,25 \times C \times [(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + (8 \times DS - 0,5)/C}]$	$NQ1 = 0,25 \times C \times [(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + (8 \times DS - 0,5)/C}]$
NQ1	$NQ1 = 0,25 \times 741,95 \times [(0,86-1) + \sqrt{(0,86-1)^2 + (8 \times 0,86 - 0,5) / 741,95}] = 2,47$	$NQ1 = 0,25 \times 864,28 \times [(0,86-1) + \sqrt{(0,86-1)^2 + (8 \times 0,86 - 0,5) / 864,28}] = 2,49$	$NQ1 = 0,25 \times 697 \times [(0,86-1) + \sqrt{(0,86-1)^2 + (8 \times 0,86 - 0,5) / 697}] = 2,47$	$NQ1 = 0,25 \times 596,51 \times [(0,28-1) + \sqrt{(0,28-1)^2 + (8 \times 0,28 - 0,5) / 596,51}] = -0,31$
	$NQ2 = c \times [1 - GR / (1 - GR \times DS)] \times (Q \times 3600)$	$NQ2 = c \times [1 - GR / (1 - GR \times DS)] \times (Q \times 3600)$	$NQ2 = c \times [1 - GR / (1 - GR \times DS)] \times (Q \times 3600)$	$NQ2 = c \times [1 - GR / (1 - GR \times DS)] \times (Q \times 3600)$
NQ2	$NQ2 = 95 \times [1 - 0,244 / (1 - 0,244 \times 0,86)] \times (639 \times 3600) = 16,24$	$NQ2 = 95 \times [1 - 0,329 / (1 - 0,329 \times 0,86)] \times (744 \times 3600) = 18,50$	$NQ2 = 95 \times [1 - 0,292 / (1 - 0,292 \times 0,86)] \times (600 \times 3600) = 15,08$	$NQ2 = 95 \times [1 - 0,244 / (1 - 0,244 \times 0,28)] \times (166 \times 3600) = 3,58$
Total NQ	$2,47 + 16,24 = 18,71$	$2,49 + 18,50 = 20,99$	$2,47 + 15,08 = 17,54$	$-0,31 + 3,58 = 3,27$
NQmaks	Dari gb E-2:2 MKJI dg poL 5% dan NQ =	Dari gb E-2:2 MKJI dg poL 5% dan NQ =	Dari gb E-2:2 MKJI dg poL 5% dan NQ =	Dari gb E-2:2 MKJI dg poL 5% dan NQ =

	18,71 didapat = 32	20,99 didapat = 36	17,54 didapat = 30	3,27 didapat = 8
QL panjang antrian (m)	$QL = (N_{qmaks} \times 20) W_{masuk} = 32 \times 20 / 6 = 107$	$QL = (N_{qmaks} \times 20) W_{masuk} = 36 \times 20 / 6 = 120$	$QL = (N_{qmaks} \times 20) W_{masuk} = 30 \times 20 / 5,5 = 109$	$QL = (N_{qmaks} \times 20) W_{masuk} = 8 \times 20 / 5,5 = 29$
NS (rasio kend stop)	$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600 = 0,99$	$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600 = 0,96$	$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600 = 0,99$	$NS = 0,9 \times (NQ / (Q \times c)) \times 3600 = 0,67$
Nsv, jumlah kend.stop	$Nsv = Q \times NS = 639 \times 0,99 = 634$	$Nsv = Q \times NS = 744 \times 0,96 = 711$	$Nsv = Q \times NS = 600 \times 0,99 = 594$	$Nsv = Q \times NS = 166 \times 0,67 = 111$
Total kend.stop	2050 smp/jam			$Q_{tot} = (639 + 744 + 600 + 166) + LTOR(\text{semua}) = 3268$ Kend terhenti rata rata = $2050 / 3268 = 0,63$

b. Perhitungan tundaan kendaraan di persimpangan
Tabel 8. Perhitungan tundaan

Pendekat	DT	DG	D(dtk/smp)
Barat	$= 95 \times 0,5 \times ((1 - 0,244)^2 / (1 - 0,244 \times 0,86)) + (2,47 \times 3600 / 741,95 = 46,61$	$DG = (1 - 0,99) \times (0,28 \times 6 + (0,99 \times 4) = 3,98$	$= 46,61 + 3,98 = 50,59$
Timur	$= 95 \times 0,5 \times ((1 - 0,329)^2 / (1 - 0,329 \times 0,86)) + (2,49 \times 3600 / 864,28 = 40,43$	$DG_j = (1 - 0,96) \times 0,46 \times 6 + (0,96 \times 4) = 3,95$	$= 40,43 + 3,95 = 44,37$
Selatan	$= 95 \times 0,5 \times ((1 - 0,292)^2 / (1 - 0,292 \times 0,86)) + (2,47 \times 3600 / 697 = 44,79$	$DG_j = (1 - 0,99) \times (0,51 + 0,49) \times 6 + (0,99 \times 4) = 4,02$	$= 44,79 + 4,02 = 48,81$

$$\begin{aligned}
 &= 95 \times 0,5 \times ((1-0,244)^2) / DGj = (1-0,67) \times \\
 \text{Timur 1} & (1-0,244 \times 0,28)) + (-0,31 (0,56+0,44) \times 6 + (\\
 & \times 3600 / 596,51 = 27,47 \quad 0,67 \times 4) = 4,66 \quad = 27,47 + 4,66 = 32,14
 \end{aligned}$$

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil study analisis simpang bersinyal pada simpang tiga jalan jendral ahmad yani dan jalan jendral sudirman Kota Parepare dapat di rangkum beberapa temuan kesimpulan .Analisis penentuan waktu sinyal pada persimpangan jalan jendral ahmad yani dan jalan jendral sudirman adapun penentuan waktu sinyal yaitu untuk fase 1 Barat dan Timur (arah perumnas) waktu merah 69 detik, kuning 3 detik, hijau 23 detik fase 2 timur waktu merah 61 detik, kuning 3 detik, hijau 31 detik, dan selatan waktu merah 64 detik, kuning 3 detik, hijau 28 detik. Analisis antrian setelah dilakukan alternatif simpang bersinyal pada persimpangan jalan jendral ahmad yani – jalan jendral sudirman, total kendaraan berhenti pada simpang adalah 2050 smp/jam dan tundaan simpang rata rata di persimpangan jalan jendral ahmad yani dan jalan jendral sudirman adalah =33 detik/smp.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. W. Adri P, N. Herlina, and A. K. Hidayat, “Analisis Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mitra Batik Kota Tasikmalaya),” *Akselerasi J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.37058/aks.v1i1.829.
- [2] E. N. Julianto, “Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Bangkong Kota Semarang,” *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 14, no. 2, pp. 179–190, 2012.
- [3] L. L. Nugroho, S. AS, and S. Mayuni, “Evaluasi Panjang Antrian Pada Lengan Simpang Bersinyal Dengan Metode Pkji 2014 (Studi Kasus : Jl. Daya Nasional - Jl. Prof. H. Hadari Nawawi - Jl. Ahmad Yani, Pontianak),” vol. 2014, pp. 1–15, 2014.
- [4] D. Darma, M., A., S., Sulistyorini, R., dan Herianto, “Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal (Studi Kasus Jl. Soerkarno-Hatta – Jl. H.Komarudin – Jl. Kapten Abdul Haq),” *Jrsdd*, vol. 6, no. 4, pp. 507–518, 2018.
- [5] D. Patah and A. Dasar, “Pasir dan Kerikil Sungai Mappili sebagai material Lokal untuk Campuran Beton di Sulawesi Barat,” *Bandar J. Civ. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 9–14, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/bjce/article/view/1207>
- [6] M. I. Alfiana, B. Yulianto, and A. Mhh, “Analisis Kinerja Simpang Tugu Baron Kota Surakarta Dengan Penerapan Lampu Lalu Lintas (Traffic Light),” p. 566, 2017.
- [7] D. E. K. Ratag, M. M. Kumaat, and S. Y. R. Rompis, “Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Bersinyal Patung Kuda Paal 2),” *Tekno*, vol. 20, no. 82, pp. 917–926, 2022.
- [8] K. K. Tekan *et al.*, “Elastisitas High Volume Fly Ash (Hvfa) Dengan Kadar,” vol. 9, no. 4, pp. 244–250, 2021.
- [9] F. A. Syaiful and A. Y. Koswara, “Penentuan Prioritas Pengembangan Infrastruktur Wilayah Pesisir Kecamatan Sangatta Utara dan Kecamatan Sangatta Selatan Kabupaten Kutai Timur,” *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, pp. 161–166, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.55916.
- [10] S. Nuryati, “Analisis Tebal Lapis Perkerasan Dengan Metode Bina Marga 1987 Dan Aashto 1986,” *Bentang*, vol. 3, no. 1, p. 262544, 2015.
- [11] F. Febrian, “Analisis Perencanaan Penerapan Persimpangan Bersinyal Dinamis (Atuated Traffic ControlSystem) Pada Persimpangan Di Kota Palembang,” *J. Teknik Sipil dan Lingkung.*, vol. 2, no. 3, pp. 397–406, 2024.
- [12] F. R. Naway and F. Suryani, “Perencanaan Area Traffic Control System (ATCS) Untuk Optimalisasi Kinerja Persimpangan Pada Jalan H.M Joyo Martono,Kota Bekasi,” *IKRAITH-Teknologi*, vol. 7, no. 1, pp. 53–63, 2022, doi: 10.37817/ikraith-teknologi.v7i1.2320.