

Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Bersinyal Patung Kuda Paal 2)

Deibert E. K. Ratag^{#1}, Meike Kumaat^{#2}, Samuel Y. R. Rompis^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹deibertratag10@gmail.com; ²meikemerry@gmail.com; ³semrompis@unsrat.ac.id

Abstrak

Persimpangan menjadi salah satu titik yang sering terjadi permasalahan lalu lintas. Di kota Manado salah satu simpang yang mengalami permasalahan akibat panjang antrian yang tinggi dan tundaan yang lama adalah simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2. Simpang ini memiliki empat lengan yang menghubungkan Jalan Yos Sudarso, Jalan Maesa dan Jalan Rajawali, yang menjadi akses penting di kota Manado. Volume kendaraan yang cukup besar dan akan terus bertambah setiap tahun sebagai dampak dari perkembangan kota. Pemasangan alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) sebagai penanganan konflik tidak sepenuhnya menekan permasalahan yang terjadi, penggunaan waktu sinyal yang tidak sesuai dengan kondisi arus lalu lintas mengakibatkan tingkat pelayanan yang masih rendah dan tidak maksimal, dengan kondisi ini maka perlu dilakukan peningkatan kinerja simpang melalui penyesuaian sinyal lalu lintas berdasarkan kondisi arus lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting, kemudian melakukan optimalisasi kinerja simpang melalui penyesuaian sinyal lampu lalu lintas, dengan membandingkan hasil analisa pada kondisi eksisting dan analisa setelah optimalisasi. Analisa data dilakukan dengan menggunakan pemodelan dari PTV Vissim melalui proses simulasi untuk mendapatkan hasil output. Pengamatan dilakukan selama 3 hari yaitu Kamis 17 Februari 2022, Jumat 18 Februari 2022 dan Sabtu 19 Februari 2022 pada jam sibuk pagi pukul 08.00-10.00 WITA, jam puncak siang pukul 12.00-14.00 WITA dan jam puncak malam pukul 17.00-19.00 WITA. Data hasil survey yang diperoleh berupa data volume lalu lintas, data geometrik, data kecepatan, data driving behavior, dan waktu sinyal serta pergerakan lalu lintas. Optimalisasi kinerja simpang dilakukan dengan tiga skenario dengan hasil optimalisasi yang terbaik diperoleh pada skenario ketiga dengan melakukan perubahan pada geometrik simpang serta melakukan optimasi pada waktu hijau berdasarkan waktu siklus dan fase eksisting dimana diperoleh peningkatan yang signifikan untuk panjang antrian dari 52,43 m menjadi

29,99 m, tundaan dari 35,95 det/kend menjadi 33,36 det/kend, rasio angka henti dari 0,91 menjadi 0,77 serta tingkat pelayanan dari D meningkat menjadi C.

Kata kunci – simpang, PTV Vissim, optimalisasi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Persimpangan adalah salah satu bentuk konfigurasi geometrik jalan yang menempati posisi utama dalam hal hambatan di perjalanan. Sebagai titik pertemuan kendaraan dari berbagai arah, menyebabkan terjadinya konflik pada persimpangan yang dapat berakibat pada penurunan kapasitas jalan, penurunan tingkat keamanan dan meningkatnya keterlambatan. Konflik tersebut dapat diatasi dengan cara pemisahan arus lalu lintas utama dengan pemasangan lampu lalu lintas. Namun penggunaan lampu lalu lintas pada persimpangan tidak serta merta mampu mengatasi permasalahan yang terjadi jika sinyal lampu lalu lintas tidak sesuai dengan kondisi lalu lintas.

Simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2 adalah salah satu simpang bersinyal di kota Manado yang memiliki arus lalu lintas yang cukup besar dan mengalami antrian yang panjang terlebih khusus pada waktu-waktu tertentu. Hal ini disebabkan karena simpang ini berada pada area komersial dimana terdapat pasar, pertokoan, dan berbagai tempat usaha lainnya, selain itu simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2 merupakan akses penghubung menuju pusat kota, akses keluar masuk terminal serta akses menuju daerah sekitar simpang.

Oleh karena itu untuk meminimalisir masalah tersebut diperlukan optimalisasi kinerja simpang bersinyal melalui pengaturan ulang lampu lalu lintas dan penyesuaian geometrik simpang agar mampu disesuaikan secara optimum sesuai kondisi lalu lintas.

Perencanaan optimalisasi kinerja simpang bersinyal dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PTV.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini adalah tentang:

- Bagaimana kinerja simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2?
- Bagaimana hasil optimalisasi kinerja simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2 menggunakan perangkat lunak PTV Vissim?

C. Batasan Penelitian

Untuk membatasi ruang lingkup permasalahan yang terlalu luas dan lebih fokus pada permasalahan yang akan diteliti maka diberikan pembatasan masalah sebagai berikut:

- Proses kalibrasi dan validasi dilakukan dalam analisa data untuk menyesuaikan dengan kondisi sebenarnya.
- Penelitian hanya difokuskan untuk membahas mengenai kinerja simpang serta optimalisasi kinerja simpang dengan penentuan waktu hijau optimum dan penyesuaian geometrik simpang.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan sebagaimana yang telah diuraikan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

- Untuk mengetahui kinerja dari simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2 berdasarkan parameter kinerja simpang perangkat lunak PTV Vissim.

- Untuk mengetahui pengaruh optimalisasi melalui penentuan waktu hijau optimum dan penyesuaian geometrik simpang terhadap kinerja simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2 berdasarkan simulasi menggunakan PTV Vissim.

E. Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini mampu menjadi bahan referensi untuk penelitian-penelitian lanjutan khususnya mengenai simpang bersinyal dan penggunaan perangkat lunak PTV Vissim. Serta memberikan data dasar dalam perencanaan pengembangan serta penanganan permasalahan transportasi di Kota Manado terlebih khusus di sekitaran simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2 yang dapat membantu pemerintah kota dalam menata arus lalu lintas.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bagan Alir Penelitian

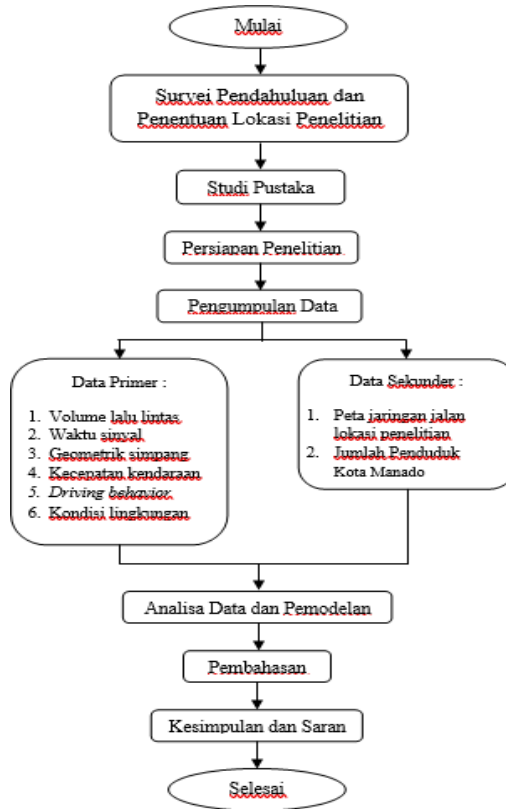
Pelaksanaan penelitian dilakukan berdasarkan mekanisme penelitian sesuai dengan bagan alir penelitian (Gambar 1).

B. Lokasi Penelitian

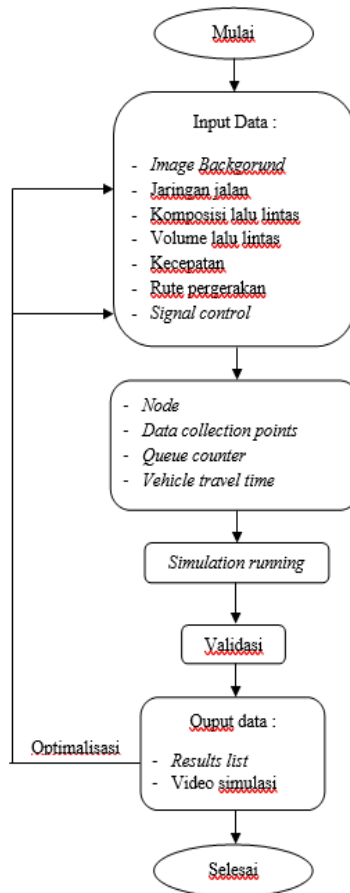
Lokasi Penelitian dilakukan dipersimpangan bersinyal Patung Kuda Paal 2 yang terletak di Kelurahan Paal 2, Kecamatan Tikala, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Simulasi PTV Vissim

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Geometrik Simpang

Pengukuran geometrik jalan dilakukan pada setiap lengan simpang dengan menggunakan alat ukur. Data yang diambil adalah data yang digunakan dalam pemodelan. Simpang Patung Kuda Paal 2 mempunyai 4 lengan yaitu dari arah Pusat Kota, Kairagi, Perkamil dan Terminal.

B. Volume Kendaraan

Survey volume lalu lintas simpang bersinyal Patung Kuda Paal 2 yang dilakukan selama 3 hari yaitu, hari Kamis 17 Februari 2022, hari Jumat 18 Februari 2022 dan hari Sabtu 19 Februari 2022. Pengambilan data dilakukan pada jam sibuk pagi, jam sibuk siang dan jam sibuk malam yang dilaksanakan di setiap lengan simpang dimana dihitung yang belok kiri, lurus dan belok kanan. Survey volume lalu lintas digolongkan berdasarkan tipe kendaraan dari MKJI 1997 yang terdiri dari Kendaraan Ringan (LV), Kendaraan Berat (HV), Sepeda Motor (MC) dan Kendaraan Tak Bermotor (UM).

- Volume lalu lintas hari kamis yang menunjukkan bahwa jumlah kendaraan tertinggi terjadi pada pukul 17.00-18.00 WITA dengan volume kendaraan sebesar 4814 kendaraan/jam.
- Volume lalu lintas hari jumat yang menunjukkan bahwa jumlah kendaraan tertinggi terjadi pada pukul 08.00-09.00 WITA dengan volume kendaraan sebesar 5274 kendaraan/jam.
- Volume lalu lintas hari sabtu yang menunjukkan bahwa jumlah kendaraan tertinggi terjadi pada pukul 13.00-14.00 WITA dengan volume kendaraan sebesar 5090 kendaraan/jam.

C. Kecepatan

Data kecepatan kendaraan diperoleh dari hasil survey di lapangan pada hari yang sama dengan pengambilan data volume kendaraan. Pada VISSIM, distribusi kecepatan masing-masing kendaraan dapat ditentukan sesuai kondisi yang sewajarnya dengan memasukkan data kecepatan minimum dan maksimum serta nilai proporsionalnya. Untuk pengukuran atau pembacaan hasil kecepatan kendaraan, VISSIM mengacu pada teori *spot speed* dan *journey speed*.

D. Kalibrasi dan Validasi

Proses pengujian dilakukan pada pengaturan *default* dan setelah melakukan kalibrasi dengan perubahan parameter *driving behaviour* sesuai dengan data hasil survey untuk dilakukan perbandingan antara hasil pengaturan *default* dan hasil setelah kalibrasi. Pada uji validasi dilakukan dengan metode pengujian *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*, menggunakan data kecepatan kendaraan. Pengujian *MAPE* dilakukan untuk menguji tingkat keakuratan data dengan membandingkan data kecepatan antara kondisi eksisting dan hasil simulasi. Persamaan uji validasi *MAPE*.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\%$$

E. Analisa Kinerja Simpang Eksisting

Analisa data menggunakan PTV Vissim terlebih dulu dilakukan simulasi pada kondisi eksisting simpang dengan menggunakan waktu sinyal lalu lintas hasil pengamatan di lapangan. Analisa data dilakukan pada jam sibuk pagi, jam sibuk siang dan jam sibuk malam pada hari jumat sebagai hari dengan volume kendaraan tertinggi di antara tiga hari survey. Parameter kinerja simpang berdasarkan hasil *output* simulasi PTV Vissim yaitu panjang antrian, tundaan, angka henti dan tingkat pelayanan yang terbagi atas data *node result* yang menunjukkan hasil untuk setiap rute pergerakan.

F. Optimalisasi Kinerja Simpang

Hasil analisa simpang pada kondisi eksisting menunjukkan kinerja simpang yang masih kurang baik dengan panjang antrian yang cukup panjang, tundaan yang cukup lama dan tingkat pelayanan yang mayoritas masih menunjukkan arus yang tidak stabil. Oleh karena itu perlu dilakukan optimalisasi kinerja simpang melalui berbagai skenario perubahan.

1. Skenario 1

Pada skenario 1 dilakukan optimasi waktu hijau pada sinyal lalu lintas eksisting sehingga diperoleh waktu hijau optimum. Hasil analisa kinerja simpang untuk skenario pertama dihasilkan bersamaan dengan waktu hijau optimum.

Hasil analisa simpang setelah di optimalisasi dengan skenario 1 menunjukkan kinerja rata-rata simpang pada *node results* yang mengalami penurunan dari kondisi eksisting, untuk panjang antrian menjadi 38,51 m, tundaan menjadi 35,25 det/kend dan angka henti menjadi 0,84, sedangkan untuk tingkat pelayanan simpang masih berada pada kategori D.

2. Skenario 2

Perubahan pada skenario 2 dengan melakukan pelebaran lajur masuk pada pendekat Pusat Kota dari 2,75 m menjadi 3,5 m serta menambahkan lajur untuk belok kiri langsung dari Kairagi yang menuju ke Perkamil dengan tetap menggunakan waktu sinyal lalu lintas eksisting.

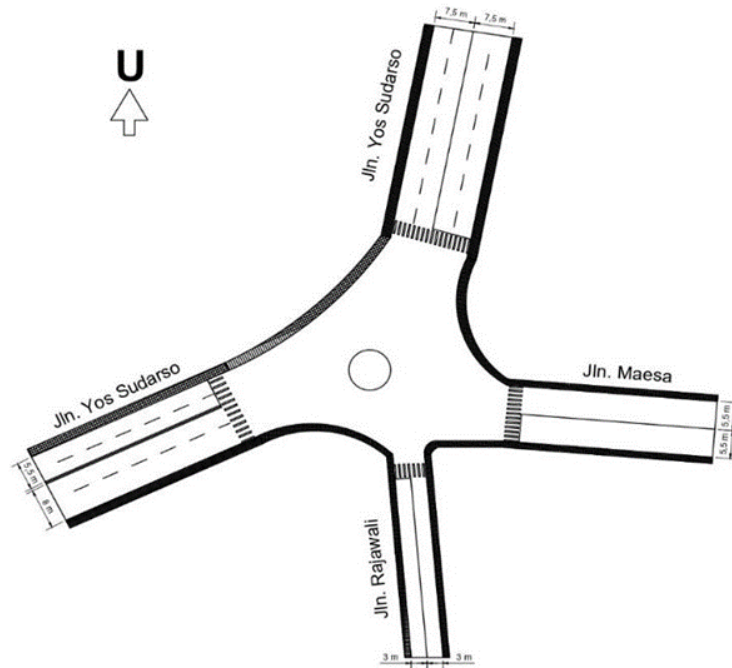
Hasil analisa simpang setelah di optimalisasi dengan skenario 2 menunjukkan kinerja rata-rata simpang pada *node results* yang mengalami penurunan signifikan dari kondisi eksisting untuk panjang antrian menjadi 32,46 m dan tundaan menjadi 33,66 det/kend, untuk angka henti juga berkurang menjadi 0,80, sedangkan untuk tingkat pelayanan simpang mengalami peningkatan kondisi menjadi berada pada tingkat pelayanan C.

3. Skenario 3

Pada skenario 3 dilakukan perubahan seperti skenario 2 kemudian dilakukan optimasi waktu hijau pada sinyal lalu lintas untuk diperoleh waktu hijau optimum.

Hasil analisa simpang setelah di optimalisasi dengan skenario 3 menunjukkan kinerja rata-rata

simpang pada *node* results yang mengalami penurunan yang sangat signifikan dari kondisi eksisting untuk panjang antrian menjadi 29,99 m dan tundaan menjadi 33,36 det/kend, untuk angka henti juga berkurang menjadi 0,77, sedangkan untuk tingkat pelayanan simpang mengalami peningkatan kondisi dimana berada pada tingkat pelayanan C.



Gambar 4. Geometrik Simpang

TABEL 1
Data Geometrik Simpang

Nama Jalan Pendekat	Tipe Lingkungan Jalan	Lebar (m)			
		Pendekat W _A	Masuk W _{MASUK}	Belok Kiri Langsung W _{LTOR}	Keluar W _{KELUAR}
Jl. Yos Sudarso (Pendekat Pusat Kota)	COM	5,5	2,75	2,75	8
Jl. Yos Sudarso (Pendekat Kairagi)	COM	7,5	7,5	-	7,5
Jl. Maesa (Pendekat Perkamil)	COM	5,5	5,5	-	5,5
Jl. Rajawali (Pendekat Terminal)	COM	3	3	-	3

TABEL 2
Data Sinyal Lalu Lintas

Pendekat	Fase	Waktu Siklus (detik)	Waktu Hijau (detik)	Waktu Kuning (detik)	Waktu Merah Semua (detik)
Pendekat Pusat Kota	Fase 1	168	39	2	3
Pendekat Kairagi	Fase 2	168	94	2	3
Pendekat Perkamil	Fase 1	168	39	2	3
Pendekat Terminal	Fase 3	168	20	2	3

TABEL 3
Hasil Uji MAPE Jam Puncak Jumat Sebelum Kalibrasi

Jalan Pendekat	Jenis Kendaraan	Eksisting	Running	MAPE
Pedekat Pusat Kota	LV	24,71	16,67	32,55
	HV	21,49	17,50	18,57
	MC	27,44	16,77	38,91
Pendekat Kairagi	LV	36,69	21,06	42,61
	HV	30,23	21,02	30,49
	MC	41,33	20,04	51,51
Pendekat Perkamil	LV	35,17	25,73	26,85
	HV	29,22	22,90	21,63
	MC	36,78	26,47	28,03
Pendekat Terminal	LV	26,97	24,67	8,52
	HV	19,73	19,37	1,81
	MC	30,32	25,03	17,46

TABEL 4
Perubahan Parameter Kalibrasi Jam Puncak Jumat

Tabulasi	Parameter	Sebelum	Sesudah
Car Following Model	Average Standstill Distance	2 m	0,98
	Additive Start Of Safety Distance	2	0,98
	Multiplic Part Of Safety Distance	3	1,96
Lane Change	Waiting time before diffusion	60 s	600 s
	Overtake reduce speed areas	Off	On
Lateral	Desired position at free flow	Middle of lane	Any
	Overtake of same lane (left)	Off	On
	Overtake of same lane (right)	Off	On
	Lateral distance standing	0,2 m	0,4
	Lateral distance driving	1 m	1,1

TABEL 5
Hasil Uji MAPE Jam Puncak Jumat Sesudah Kalibrasi

Jalan Pendekat	Jenis Kendaraan	Eksisting	Running	MAPE
Pedekat Pusat Kota	LV	24,71	22,64	8,39
	HV	21,49	20,92	2,68
	MC	27,44	23,41	14,70
Pendekat Kairagi	LV	36,69	27,73	24,42
	HV	30,23	24,04	20,50
	MC	41,33	29,54	28,53
Pendekat Perkamil	LV	35,17	32,02	8,97
	HV	29,22	25,28	13,48
	MC	36,78	32,82	10,76
Pendekat Terminal	LV	26,97	25,46	5,60
	HV	19,73	19,59	0,70
	MC	30,32	26,28	13,34

TABEL 6
Node Results Kinerja Simpang Eksisting

No	Jaringan Jalan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/kend)	Angka Henti	Tingkat Pelayanan (LOS)
1	Pusat Kota Ke Kairagi	109,25	16,98	0,79	B
2	Pusat Kota Ke Perkamil	120,6	87,8	2,17	F
3	Pusat Kota Ke Terminal	120,6	90,6	2,15	F
4	Kairagi Ke Perkamil	30,46	28,79	0,65	C
5	Kairagi Ke Terminal	30,46	29,53	0,65	C
6	Kairagi Ke Pusat Kota	30,46	28,42	0,64	C
7	Perkamil Ke Terminal	33,91	54,98	1,18	D
8	Perkamil Ke Pusat Kota	33,91	59,02	1,21	E
9	Perkamil Ke Kairagi	33,91	60,82	1,24	E
10	Terminal Ke Pusat Kota	0,24	24,77	0,62	C
11	Terminal Ke Kairagi	20,12	85,2	1,06	F
12	Terminal Ke Perkamil	20,12	79,35	1,06	E
	Rata-Rata Simpang	52,43	35,95	0,91	D

TABEL 7
Kinerja Simpang Eksisting Metode MKJI 1997

Kode Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Angka Henti	Tundaan (det/smp)	Kode Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Angka Henti	Tundaan (det/smp)
08.00-09.00					13.00-14.00				
U	0,462	107	0,534	26,5	U	0,432	100	0,521	26,0
S	0,499	18	0,843	72,7	S	0,476	18	0,831	71,7
T	0,550	51	0,798	61,0	T	0,628	60	0,825	63,4
B	0,983	76	1,343	151,5	B	0,796	44	0,948	79,4
09.00-10.00					17.00-18.00				
U	0,458	107	0,532	26,3	U	0,427	98	0,519	25,9
S	0,547	20	0,867	75,2	S	0,513	18	0,850	73,4
T	0,675	64	0,842	65,2	T	0,580	56	0,808	61,9
B	0,811	44	0,962	81,6	B	0,904	58	1,092	103,7
12.00-13.00					18.00-19.00				
U	0,398	89	0,507	25,4	U	0,360	80	0,492	24,8
S	0,489	18	0,837	72,2	S	0,531	20	0,859	74,4
T	0,551	51	0,798	61,0	T	0,655	62	0,835	64,5
B	0,759	44	0,918	75,0	B	0,904	58	1,093	104,0

TABEL 8
Waktu Hijau Optimum Skenario 1

Pendekat (Fase)	Waktu hijau optimum (detik)
Pusat Kota Dan Perkamil (Fase 1)	43,5
Kairagi (Fase 2)	87
Terminal (Fase 3)	22,5

TABEL 9
Node Results Kinerja Simpang Skenario 1

No	Jaringan Jalan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/kend)	Angka Henti	Tingkat Pelayanan (LOS)
1	Pusat Kota Ke Kairagi	59,91	14,98	0,66	B
2	Pusat Kota Ke Perkamil	84,24	75,15	1,93	E
3	Pusat Kota Ke Terminal	84,24	75,85	1,87	E
4	Kairagi Ke Perkamil	36,85	33,5	0,71	C
5	Kairagi Ke Terminal	36,85	35,45	0,7	C
6	Kairagi Ke Pusat Kota	36,85	33,52	0,69	C
7	Perkamil Ke Terminal	31,48	50,95	0,95	D
8	Perkamil Ke Pusat Kota	31,48	54,78	1,02	E
9	Perkamil Ke Kairagi	31,48	56,88	1,06	D
10	Terminal Ke Pusat Kota	0,22	21,58	0,58	C
11	Terminal Ke Kairagi	18,34	76,88	1,01	E
12	Terminal Ke Perkamil	18,34	72,65	1,01	E
	Rata-Rata Simpang	38,51	35,25	0,84	D

TABEL 10
Kinerja Simpang Metode MKJI 1997 Skenario 1

Kode Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Angka Henti	Tundaan (det/smp)	Kode Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Angka Henti	Tundaan (det/smp)
08.00-09.00					13.00-14.00				
U	0,499	120	0,585	30,9	U	0,466	109	0,571	30,2
S	0,444	18	0,808	68,6	S	0,423	16	0,798	67,9
T	0,494	49	0,764	56,4	T	0,563	58	0,787	58,3
B	0,881	58	1,029	91,1	B	0,714	42	0,871	67,1
09.00-10.00					17.00-18.00				
U	0,494	116	0,583	30,6	U	0,462	107	0,569	30,1
S	0,486	20	0,829	70,4	S	0,456	18	0,814	69,1
T	0,605	64	0,802	59,6	T	0,520	53	0,773	57,1
B	0,727	44	0,879	68,2	B	0,810	49	0,943	77,1
12.00-13.00					18.00-19.00				
U	0,430	98	0,556	29,5	U	0,389	87	0,540	28,8
S	0,433	18	0,803	68,2	S	0,472	18	0,822	69,8
T	0,494	49	0,764	56,4	T	0,588	60	0,796	59,0
B	0,681	42	0,852	64,8	B	0,811	49	0,943	77,2

TABEL 11
Node Results Kinerja Simpang Skenario 2

No	Jaringan Jalan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/kend)	Angka Henti	Tingkat Pelayanan (LOS)
1	Pusat Kota Ke Kairagi	51,47	15,18	0,61	B
2	Pusat Kota Ke Perkamil	73,89	74,98	1,76	E
3	Pusat Kota Ke Terminal	73,89	79,65	1,86	E
4	Kairagi Ke Perkamil	24,4	18,88	0,49	B
5	Kairagi Ke Terminal	29,12	27,93	0,64	C
6	Kairagi Ke Pusat Kota	29,12	28,35	0,64	C
7	Perkamil Ke Terminal	33,45	54,98	1,01	D
8	Perkamil Ke Pusat Kota	33,45	58,88	1,18	E
9	Perkamil Ke Kairagi	33,45	60,95	1,15	E
10	Terminal Ke Pusat Kota	0,23	21,46	0,6	C
11	Terminal Ke Kairagi	19,34	83,26	1,04	F
12	Terminal Ke Perkamil	19,34	78,95	1,06	E
	Rata-Rata Simpang	32,46	33,46	0,80	C

TABEL 12
Kinerja Simpang Metode MKJI 1997 Skenario 2

Kode Pendekat	Derajat Kejuhanan	Panjang Antrian (m)	Angka Henti	Tundaan (det/smp)	Kode Pendekat	Derajat Kejuhanan	Panjang Antrian (m)	Angka Henti	Tundaan (det/smp)
08.00-09.00					13.00-14.00				
U	0,412	93	0,513	25,6	U	0,386	87	0,502	25,2
S	0,499	18	0,843	72,7	S	0,476	18	0,831	71,7
T	0,550	51	0,798	61,0	T	0,628	60	0,825	63,4
B	0,772	53	0,910	73,8	B	0,625	40	0,832	64,1
09.00-10.00					17.00-18.00				
U	0,412	91	0,513	25,4	U	0,386	84	0,502	25,2
S	0,547	20	0,867	75,2	S	0,513	18	0,850	73,4
T	0,675	64	0,842	65,2	T	0,580	56	0,808	61,9
B	0,637	42	0,838	64,7	B	0,710	47	0,873	68,8
12.00-13.00					18.00-19.00				
U	0,352	78	0,489	24,6	U	0,321	71	0,477	24,2
S	0,487	18	0,836	72,1	S	0,531	20	0,859	74,4
T	0,551	51	0,798	61,0	T	0,655	62	0,835	64,5
B	0,596	38	0,820	62,8	B	0,710	47	0,873	68,8

TABEL 13
Waktu Hijau Optimum Skenario 3

Pendekat (Fase)	Waktu hijau optimum (detik)
Pusat Kota Dan Perkamil (Fase 1)	42,8
Kairagi (Fase 2)	88
Terminal (Fase 3)	22,2

TABEL 14
Node Results Kinerja Simpang Skenario 3

No	Jaringan Jalan	Panjang Antrian (m)	Tundaan (det/kend)	Angka Henti	Tingkat Pelayanan (LOS)
1	Pusat Kota Ke Kairagi	41,81	13,7	0,52	B
2	Pusat Kota Ke Perkamil	61,31	69,94	1,63	E
3	Pusat Kota Ke Terminal	61,31	72,13	1,64	E
4	Kairagi Ke Perkamil	28,55	20,97	0,53	C
5	Kairagi Ke Terminal	33,66	30,88	0,68	C
6	Kairagi Ke Pusat Kota	33,66	32,07	0,69	C
7	Perkamil Ke Terminal	31,76	51,46	1,01	D
8	Perkamil Ke Pusat Kota	31,76	55,49	1,12	E
9	Perkamil Ke Kairagi	31,76	57,83	1,12	E
10	Terminal Ke Pusat Kota	0,22	18,01	0,52	B
11	Terminal Ke Kairagi	17,71	76,9	1	E
12	Terminal Ke Perkamil	17,71	73,24	1	E
	Rata-Rata Simpang	29,99	33,36	0,77	C

TABEL 15
Kinerja Simpang Metode MKJI 1997 Skenario 3

Kode Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Angka Henti	Tundaan (det/smp)	Kode Pendekat	Derajat Kejenuhan	Panjang Antrian (m)	Angka Henti	Tundaan (det/smp)
08.00-09.00					13.00-14.00				
U	0,440	102	0,555	29,2	U	0,412	93	0,544	28,7
S	0,450	18	0,812	69,1	S	0,429	18	0,802	68,3
T	0,502	49	0,769	57,0	T	0,572	58	0,793	59,0
B	0,704	49	0,857	65,5	B	0,570	38	0,796	59,1
09.00-10.00					17.00-18.00				
U	0,433	98	0,552	28,9	U	0,412	93	0,544	28,7
S	0,493	20	0,833	70,9	S	0,463	18	0,818	69,6
T	0,615	64	0,808	60,4	T	0,528	53	0,778	57,8
B	0,581	42	0,801	59,5	B	0,647	44	0,829	62,4
12.00-13.00					18.00-19.00				
U	0,376	84	0,530	28,0	U	0,342	76	0,517	27,5
S	0,438	18	0,806	68,6	S	0,479	18	0,826	70,2
T	0,502	49	0,769	57,1	T	0,597	60	0,802	59,8
B	0,543	38	0,786	58,1	B	0,647	44	0,829	62,4

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Analisa kinerja pada kondisi eksisting untuk hasil rata-rata berdasarkan *node results* diperoleh hasil panjang antrian 52,43 m dan tundaan 35,95 det/kend dengan tingkat pelayanan D dan rasio angkat henti sebesar 0,91.
- Hasil optimalisasi menunjukkan peningkatan kinerja simpang berdasarkan hasil dari parameter kinerja simpang yang paling signifikan diantara ketiga skenario yang digunakan adalah dengan melakukan perubahan menggunakan skenario ketiga. Dengan perbaikan untuk panjang antrian menjadi 29,99 m, tundaan menjadi 33,36 det/kend dan angka henti menjadi 0,77. Serta mengalami peningkatan tingkat pelayanan simpang yang menjadi tingkatan C.

B. Saran

- Melakukan penertiban kepada kendaraan-kendaraan yang menjadi hambatan samping di kawasan simpang terlebih khusus bagi angkutan umum yang mangkal maupun menurunkan penumpang, khususnya yang berada pada pendekat Terminal yang menghambat lalu lintas baik yang pergi maupun menuju Terminal.
- Penyediaan lahan parkir untuk setiap tempat usaha disekitar kawasan simpang agar tidak mengganggu arus lalu lintas.
- Bagi pengendara yang tidak akan menuju di daerah sekitar Simpang Bersinyal Patung Kuda Paal 2 maka dapat melewati jalan alternatif lain sehingga dapat mengurangi volume kendaraan dan menghindari kemacetan.
- Melakukan penambahan kapasitas jalan melalui pelebaran jalan yang dimana sudah tidak sesuai untuk menampung volume lalu lintas yang begitu

besar sehingga menyebabkan kondisi lalu lintas tidak baik dan kinerja simpang yang buruk.

- Karena pada penelitian ini terbatas pada optimalisasi pada sinyal lalu lintas untuk waktu hijau maka perlu dilakukan peninjauan kembali untuk waktu siklus karena terjadi tundaan yang besar diakibatkan waktu siklus yang panjang.

KUTIPAN

- B Akcelik, R. 1989. Traffic Signals : Capacity and Timing Analysis, Australian Road Research Board, Report No. 123, Vermont South, Victoria, Australia.
- Ayandi, R. D., Munawar, A. 2014. *Penggunaan Software Vissim Untuk Analisis Simpang Bersinyal (Studi Kasus Simpang Mirota Kampus Terban Yogyakarta)*, Teknik Sipil Dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Candra, F., Widodo W. *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Metode MKJI Dan PTV Vissim (Studi Kasus Simpang Empat Bersinyal Gemangan, Sinduadi, Sleman, Yogyakarta)*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Irawan, M. Z., Putri, N. H. 2015. *Kalibrasi Vissim Untuk Mikrosimulasi Arus Lalu Lintas Tercampur Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus : Simpang Tugu)*,
- xm Kurniati, N. L. W. R. 2019. Optimasi Kinerja Area Traffic Control System (ATCS) Di Kota Balikpapan, Jurnal Penelitian Transportasi Darat Volume 21 Nomor 2, Puslitbang Transportasi Jalan Dan Perkeretaapian, Jakarta.
- Kustanrika, I. W. 2015. *Perhitungan Sinyal Pada Simpang Dengan Metode Webster*, Jurnal Kilat Vol. 4 No. 1 Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknik – PLN, Jakarta.
- Lubis, K. 2009. *Analisa Kinerja Simpang Tak Bersinyal*, Karya Ilmiah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area, Medan.
- Lumintang, G. Y. B., Lefrandt, L. I. R., Timboeleng, J. A., Manoppo, M. R. E. 2013. *Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Bersinyal (Studi Kasus : Persimpangan Jalan Walanda Maramis Manado)*, Jurnal Sipil Statik Vol. 1 No. 3,

- Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [10] Muntazar, Isya, M., Sugiarto. 2017. *Model Arus Jenuh Dasar Pada Simpang Bersinyal (Studi Kasus Pada Simpang Dengan Lengan Efektif Satu Dan Dua Lajur Di Banda Aceh)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [11] Nindita, F. A. 2020. *Analisa Kinerja Simpang Berinyal Menggunakan Software Vissim (Studi Kasus : Simpang Ngabean Yogyakarta)*, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- [12] PTV VISION. *PTV VISSIM 10 User Manual*. PTV AG, Karlsruhe, Germany, 2014.
- [13] Putri, N. H., Irawan, M. Z. 2015. *Mikrosimulasi Mixed Traffic Pada Simpang Bersinyal Dengan Perangkat Lunak Vissim (Studi Kasus : Simpang Tugu, Yogyakarta)*, Jurusan Teknik Sipil Dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [14] Romadhona, P. J., Ikhsan, T. N., Prasetyo, D. 2019. *Aplikasi Pemodelan Lalu Lintas : PTV VISSIM 9.0 Modelling Basic Using Microscopic Traffic Flow Simulation*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [15] Sinambela, T. P., Kumaat, M., Pandey, S. V. 2021. *Analisa Hubungan Kinerja Simpang Bersinyal Dengan Konsumsi Bahan Bakar (Studi Kasus : Simpang Jl. A. A. Maramis – Jl Rongroad II)* Jurnal Sipil Statik Vol. 19 No. 78, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [16] Sraun, D., Rumayar, A. L. E., Jefferson, L. 2018. *Analisa Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Tiga Bersinyal Di Manado (Studi Kasus : Persimpangan Jalan R. E. Martadinata)*, Jurnal Sipil Statik Vol. 6 No. 7, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- [17] Utama, I. W. P. P., Sumanjaya A. A. G., Ardantha, I. M. 2017. *Perencanaan Alat Pemberi Isyarat Lampu Lalu Lintas (APILL) Pada Persimpangan Jalan Pulau Galang, Jalan Taman Pancing Dan Jalan Tukad Baru*, Volume 6 Nomor 2, Jurusan Teknik Sipil Universitas Warmadewa, Denpasar.
- [18] Undang-Undang RI Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- [19] Winnetou, I. A., Munawar, A. 2015. *Penggunaan Software Vissim Untuk Evaluasi Hitungan MKJI 1997 Kinerja Ruas Jalan Perkotaan (Studi Kasus : Jalan Affandi, Yogyakarta)*, Jurusan Teknik Sipil Dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [20] Wikrama, A. A. N. A. J., Mataram, I. N. K. 2017. *Studi Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus : Jalan Raya Uluwatu – Jalan Raya Kampus Unud)*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- [21] Wulandari, A., Muchlisin. 2021. *Analisis Simpang Empat Bersinyal Wirobrajan Akibat Perubahan Urutan Fase Menggunakan PTV Vissim*, Jurnal Teknik Sipil Vol. 1 No. 1, Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.