

EVALUASI KINERJA DUA SIMPANG BERSINYAL BERDEKATAN DI KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN PKJI 2023 DAN SOFTWARE PTV VISSIM 11

(Studi kasus: Simpang Empat Jalan Danau Toba dan Simpang Empat Jalan Ranugrati)

Aqilah Kamilia, Nusa Sebayang, Annur Ma'ruf

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : aqilahkamilia02@gmail.com

ABSTRAK

Lokasi titik kemacetan yang terjadi di Kota Malang terdapat di ruas Jl. Danau Toba yang menjadi objek studi yaitu, terdapat dua simpang bersinyal yang berdekatan dengan jarak antar simpang berjarak 50 m pada ruas jalan tersebut. Arus kendaraan lalu lintas di simpang Jalan Danau Toba dan simpang Jalan Ranugrati sering mengalami kemacetan lalu lintas yang disebabkan oleh dua simpang yang berdekatan. Studi ini bertujuan untuk Menganalisis kinerja eksisting berdasarkan analisa dengan metode PKJI 2023 dan menggunakan software PTV Vissim 11 pada dua simpang bersinyal berdekatan, Menganalisis solusi alternatif perbaikan simpang tersebut dengan model simulasi menggunakan PTV Vissim 11 perbaikan kinerja 2 simpang., Mengoptimasi offset sinyal eksisting pada simpang jalan Ranugrati dan simpang jalan Danau Toba. Hasil Analisis kinerja simpang bersinyal pada simpang jalan Danau Toba diketahui Arus lalu lintas tertinggi terdapat pada lengan Timur yaitu sebesar 892 smp/jam dengan kapasitas 771 smp/jam, derajat kejenuhannya (DJ) adalah dan tundaannya (T) mencapai 41,27 detik/smp. Hal serupa juga terjadi di simpang Ranugrati dimana arus lalu lintas tertinggi terdapat pada lengan Timur yaitu sebesar 1751 smp/jam dengan kapasitas 842,21 smp/jam, derajat kejenuhannya (DJ) adalah 2,08 dan tundaannya (T) mencapai 266,20 detik/smp. Untuk memperbaiki kinerja simpang bersinyal, dibuat alternatif yaitu pengaturan ulang waktu siklus lampu lalu lintas dengan dibatasi kendaraan belok kanan. Setelah dilakukan analisis diketahui kinerja persimpangan menjadi baik dikarenakan nilai Tundaan tertinggi sebesar 5 – 15 dengan kategori baik atau tingkat pelayanan B. Analisa menggunakan Vissim mendapatkan hasil panjang antrian pada simpang Ranugrati pendekat utara, timur, selatan, barat sebesar 10.34 m, 11.85 m, 44.62 m, 47.27 m. Panjang antrian pada simpang Danau Toba pendekat utara, timur, barat, selatan sebesar 62.13 m, 69.98 m, 41.37 m, 76.65 m. Waktu offset sinyal eksisting simpang ranugrati ke simpang danau toba dan simpang danau toba ke simpang ranugrati yaitu 3 detik dan 12 detik.

Kata Kunci : PKJI 2023, PTV VISSIM 11

ABSTRACT

The location of the traffic jam in Malang City is on Jl. Lake Toba, which is the object of research, has two signalized intersections close to each other with a distance of 50 m between the intersections on this road section. The flow of traffic vehicles at the intersection of Jalan Danau Toba and Jalan Ranugrati often experiences traffic jams caused by two adjacent intersections. This research aims to analyze existing performance based on analysis using the PKJI 2023 method and using PTV Vissim 11 software at two adjacent intersections. Analyze alternative solutions for improving the intersection with a simulation model using PTV Vissim 11 to improve the performance of 2 intersections. Optimizing existing signal offsets. at the intersection. Ranugrati road and Lake Toba road intersection. The results of the analysis of the performance of signalized intersections at the Lake Toba intersection show that the highest traffic flow is on the East arm, namely 892 pcu/hour with a capacity of 771 pcu/hour, the degree of saturation (DJ) is and the delay (T) reaches 41.27 seconds/pcu . A similar thing also happens at the Ranugrati intersection where the highest traffic flow is on the East arm, namely 1751 pcu/hour with a capacity of 842.21 pcu/hour, the degree of saturation (DJ) is 2.08 and the delay (T) reaches 266.20 seconds /junior high school. To improve the performance of signalized intersections, an alternative was created, namely resetting the traffic light cycle times by limiting vehicles to right turns. After carrying out the analysis, it was discovered that the intersection performance was good because the highest delay value was 5 - 15 with good category or service level B. Analysis using Vissim obtained the results of queue lengths at the Ranugrati intersection for the north, east, south, west approaches of 10.34 m, 11.85 m, 44.62 m, 47.27 m. The length of the queue at the Lake Toba intersection for the north, east, west and south approaches is 62.13 m, 69.98 m, 41.37 m, 76.65 m. The offset signal times at the Ranugrati intersection to Lake Toba intersection and the Lake Toba intersection to Ranugrati intersection are 3 seconds and 12 seconds.

Keywords: PKJI 2023, PTV VISSIM 11

PENDAHULUAN

Kota Malang adalah sebuah kota yang terletak di provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kota Malang merupakan salah satu kota tujuan wisata di Jawa Timur karena potensi alam dan iklim yang dimiliki. Selain sebagai kota wisata Kota Malang juga merupakan salah satu kota pendidikan yang ada di Indonesia, hal tersebut menyebabkan populasi di Kota Malang semakin bertambah tiap tahunnya. Semakin berkembangnya sektor-sektor tersebut secara tidak langsung berdampak kepada kemacetan lalu lintas dan keterlambatan waktu tempuh. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor diantaranya pelayanan transportasi yang kurang memadai, perbandingan jumlah kendaraan bermotor dengan kapasitas jalan yang tidak seimbang.

Menurut SK Gubernur Jawa Timur Nomor 788/207/KPTS/013/2023 Tentang Penetapan Ruas Jalan pada lokasi studi ini termasuk jalan kota. Salah satu lokasi titik kemacetan yang terjadi di Kota Malang terdapat di ruas Jl. Danau Toba yang menjadi objek studi yaitu, terdapat dua simpang bersinyal yang berdekatan dengan jarak antar simpang berjarak 50 m pada ruas jalan tersebut. Simpang empat Jl Danau Toba – Jl. Dirgantara – Jl. Danau Toba – Jalan Danau Ranau dan simpang empat Jl. Ranugrati – Jl. Simpang Ranugrati – Jl. Danau Toba – Jl. Raya Sawojajar. Dengan jarak antar simpang yang berdekatan dengan simpang Jalan Danau Toba dan simpang Jalan Ranugrati, arus kendaraan lalu lintas sering mengalami kemacetan lalu lintas yang disebabkan oleh volume arus lalu lintas.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu dievaluasi kinerja antar dua simpang pada simpang Jalan Danau Toba dan simpang Jalan Ranugrati. Untuk itu penyusun memberi topik tugas akhir dengan judul : “Evaluasi Kinerja dua Simpang Bersinyal Berdekatan Menggunakan Program PTV Vissim 11 (Studi Kasus Pada Simpang Empat Jalan Danau Toba dan Simpang Empat Jalan Ranugrati).

LANDASAN TEORI

Persimpangan

Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi di mana dua atau lebih ruas jalan bertemu, dan di sini arus lalu lintas mengalami konflik. Untuk mengendahkan konflik yang terjadi, ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan

Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal merupakan suatu persimpangan dengan beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lalu lintas atas traffic light. Simpang - simpang bersinyal yang merupakan bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai, biasanya memerlukan metoda dan perangkat lunak khusus dalam analisisnya. Hal – hal yang dianalisa sebagai berikut:

1. Faktor -faktor penyesuaian ukuran kota
2. Waktu Sinyal
3. Kapasitas dan derajat kejenuhan

4. Panjang Antrian
5. Rasio kendaraan terhenti
6. Tundaan

Tingkat Pelayanan

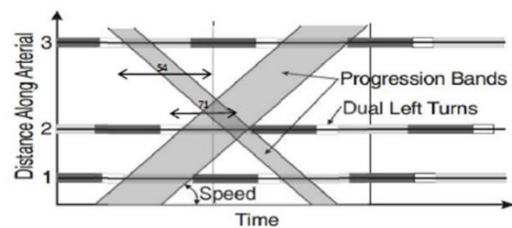
Tujuan analisis kapasitas adalah memperkirakan kapasitas dan kinerja lalu lintas pada kondisi tertentu terkait desain atau eksisting geometric, arus lalu lintas, dan lingkungan simpang. Berikut adalah tabel hubungan tingkat pelayanan simpang jalan dengan derajat kejenuhan :

Tabel 1. Hubungan Tingkat Pelayanan Simpang Dengan Tundaan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (det/smp)	Keterangan
A	<5	Baik Sekali
B	5 – 15	Baik
C	15 – 25	Sedang
D	25 – 40	Kurang
E	40 – 60	Buruk
F	>60	Sangat Buruk

Offset dan Bandwidth

Offset merupakan perbedaan waktu antara dimulainya sinyal hijau pada simpang pertama dan awal sinyal hijau pada simpang setelahnya. Waktu offset dapat dihitung melalui diagram koordinasi. Namun, waktu offset juga dapat digunakan untuk memulai membentuk lintasan koordinasi. Sedangkan bandwidth adalah perbedaan waktu dalam lintasan paralel sinyal hijau antara lintasan pertama dan lintasan terakhir. Keduanya berada dalam kecepatan yang konstan dan merupakan platoon yang tidak terganggu sinyal merah sama sekali. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada contoh dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Aliran Platoon arah utara – Selatan dan Sebaliknya

Software Vissim 11

Vissim merupakan alat bantu atau perangkat lunak simulasi lalu lintas untuk keperluan rekayasa lalu lintas, perencanaan transportasi, waktu sinyal, angkutan umum serta perencanaan kota yang bersifat mikroskopis dalam aliran lalu lintas multi-moda yang diterjemahkan secara visual dan dikembangkan pada tahun 1992 oleh salah satu perusahaan IT di negara Jerman, PTV Planung Transport Verkehr AG.

Vissim digunakan pada banyak kebutuhan simulasi lalu lintas dan transportasi umum. Vissim merupakan simulasi mikroskopik atau mikrosimulasi, yang berarti tiap karakteristik kendaraan maupun pejalan akan disimulasikan secara visual. Vissim dapat mensimulasikan kondisi operasional unik yang terdapat dalam sistem transportasi. Penggunaan dapat memasang data-data untuk dianalisis sesuai keinginan pengguna. Perhitungan – perhitungan keefektifan yang beragam bisa dimasukkan pada software Vissim, pada umumnya antara lain tundaan, kecepatan, antrian, waktu tempuh dan berhenti. Vissim telah digunakan untuk menganalisis jaringan-jaringan dari segala jenis ukuran jarak persimpangan individual hingga keseluruhan daerah metropolitan.

METODOLOGI STUDI

Lokasi yang dipilih untuk dilakukannya survey adalah pada dua simpang bersinyal berdekatan yaitu pada Simpang Empat Jalan Danau Toba – Jalan Danau Ranu – Jalan Dirgantara – Jalan Danau Toba Dan Simpang Empat Jalan Ranugrati – Jalan simpang ranugrati – Jalan Raya Sawojajar – Jalan Danau toba yang terletak di Kota Malang.

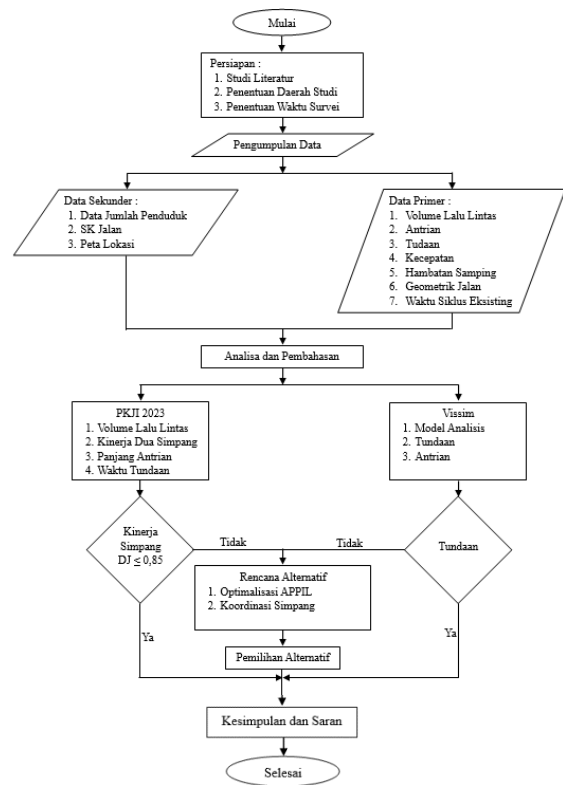


Gambar 1. Lokasi Studi

Data primer dan sekunder digunakan dalam penelitian ini. Diperlukan survei lalu lintas untuk menghitung volume lalu lintas yang ada pada persimpangan tersebut sehingga nantinya di dapat hasil analisa kinerja eksisting yang ada pada simpang tersebut serta tingkat pelayanannya. Untuk pemodelan menggunakan software vissim 11 dapat dilakukan melalui langkah-langkah berikut ini:

- Input background yang sesuai dan diambil lewat Google Earth
- Memuat jaringan jalan sesuai kondisi eksisting
- Menentukan jenis kendaraan sesuai kondisi eksisting
- Input volume lalu lintas keseluruhan
- Membuat dan mengisi signal controller
- Menjalankan Simulasi

Adapun langkah-langkah pengolahan data bisa dilihat pada bagan alir di bawah ini:



Gambar 2. Bagan Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Lalu Lintas

Dari hasil survei yang dilakukan selama dua hari, diambil jam puncak yaitu pada sore hari sehingga diperoleh hasil dapat dilihat pada tabel berikut: Tabel 2. Volume Lalu Lintas Pada Simpang Ranugrati

PERIODE	Simpang Ranugrati	
	(Senin)	(Sabtu)
	kend/jam	
06.00 - 07.00	3412	3903
06.15 - 07.15	3713	4007
06.30 - 07.30	3943	4147
06.45 - 07.45	3793	3942
07.00 - 08.00	4289	4506
	ISTIRAHAT	
11.00 - 12.00	4534	5126
11.15 - 12.15	4661	5250
11.30 - 12.30	4844	5151
11.45 - 12.45	4990	5154
12.00 - 13.00	5022	5227
	ISTIRAHAT	
16.00 - 17.00	4570	4816
16.15 - 17.15	4814	5036
16.30 - 17.30	4899	5165
16.45 - 17.45	4923	5238
17.00 - 18.00	4919	5237

Tabel 3. Volume Lalu Lintas Pada Simpang Danau

PERIODE	Simpang Danau Toba	
	(Senin)	(Sabtu)
	kend/jam	
06.00 - 07.00	2859	2335
06.15 - 07.15	3063	2504
06.30 - 07.30	3222	2666
06.45 - 07.45	3143	2721
07.00 - 08.00	3366	3215
	ISTIRAHAT	
11.00 - 12.00	3626	3842
11.15 - 12.15	3749	3909
11.30 - 12.30	3838	4064
11.45 - 12.45	3886	4109
12.00 - 13.00	3921	4239
	ISTIRAHAT	
16.00 - 17.00	2162	2345
16.15 - 17.15	4291	5416
16.30 - 17.30	4442	5327
16.45 - 17.45	4428	5341
17.00 - 18.00	4480	5337

Analisa Arus Lalu Lintas

Analisa arus lalu lintas dilakukan pada jam puncak yaitu pada sore hari sabtu sehingga didapat hasil analisa sebagai berikut:

Tabel 4. Arus Volume Lalu Lintas Pada Simpang Ranugrati

PERIODE	Ranugrati (Senin)	Ranugrati (Sabtu)
	smp/jam	smp/jam
06.00 - 07.00	927	1391
06.15 - 07.15	1027	1436
06.30 - 07.30	1078	1492
06.45 - 07.45	1010	1364
07.00 - 08.00	1155	1526
ISTIRAHAT		
11.00 - 12.00	1237	1953
11.15 - 12.15	1301	1948
11.30 - 12.30	1382	1774
11.45 - 12.45	1434	1793
12.00 - 13.00	1443	1766
ISTIRAHAT		
16.00 - 17.00	1338	1200
16.15 - 17.15	1321	1196
16.30 - 17.30	1347	1258
16.45 - 17.45	1340	1289
17.00 - 18.00	1318	1297

Tabel 5. Arus Volume Lalu Lintas Pada Simpang Danau Toba

PERIODE	Simpang Danau Toba	
	(Senin)	(Sabtu)
	smp/jam	smp/jam
06.00 - 07.00	1493	1291
06.15 - 07.15	1590	1385
06.30 - 07.30	1670	1473
06.45 - 07.45	1690	1533
07.00 - 08.00	1784	1770
ISTIRAHAT		
11.00 - 12.00	1909	2150
11.15 - 12.15	1968	2195
11.30 - 12.30	2019	2299
11.45 - 12.45	2040	2325
12.00 - 13.00	2048	2410
ISTIRAHAT		
16.00 - 17.00	2630	3175
16.15 - 17.15	2540	3163
16.30 - 17.30	2610	3195
16.45 - 17.45	2680	3183
17.00 - 18.00	2590	3144

Dari tabel diatas di dapat data jam puncak pada simpang ranugrati dan danau toba yaitu sabtu sore.

Analisa Kondisi Eksisting

Kondisi eksisting pada kedua simpang dianalisa pada jam puncak yaitu sabtu sore bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Kondisi Eksisting Simpang Ranugrati Pada Sabtu Sore

Parameter Kinerja	Kode Pendekat			
	B	S	T	U
hki/TT	657	45	52	98
RBisi	0.33	0.34	0.04	0.37
RBika	0.01	0.23	0.08	0.57
Lebar efektif (Le)	3.80	3.40	6.00	3.50
Waktu siklus (c)	120.00	20.00	60.00	20.00
Waktu hijau hijau	10.00	10.00	10.00	10.00
Arus lemah dasar	2300.00	1980.00	3200.00	2370.00
Arus lemah (S)	1012.77	1735.37	2841.01	2422.23
Arus lalu lintas (Q)	1297.40	80.40	1344.60	214.00
Kapasitas (C)	1530.22	231.38	1136.41	288.96
Derajat lelembutan	0.85	0.35	1.18	0.72
NO1	1.95	17.91	358.27	0.73
NO2	33.61	3.04	63.82	8.54
Panjang Antrian (m)	187.15	17.91	358.27	53.01
RKH	0.59	0.82	1.29	0.94
NKH	768.06	65.76	1741.21	200.39
Tundaan lalu lintas	13.92	59.07	104.46	71.12
Tundaan geometrik	4.68	3.27	5.18	3.75
Tundaan rata-rata	18.60	62.34	109.64	74.86
Tundaan total (T _{tot})	8.22	1.71	50.20	5.46
Tundaan total simpang	65.58			
Tingkat Pelayanan Simpang	F			
Keterangan	Sangat Buruk			

Jalan pada simpang ranugrati termasuk jalan kota yang memiliki fungsi sebagai jalan lokal sekunder menurut PM 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan jalan lokal sekunder, sekurang- kurangnya D. Berdasarkan tabel di atas didapatkan hasil analisis Tingkat pelayanan simpang Ranugrati yang Sangat Buruk (F) dengan tundaan rata – rata tertinggi terjadi di hari Sabtu 29 Juni 2024 jam puncak Sore yaitu sebesar 65,58 det/smp. Dikarenakan Tingkat pelayanan simpang ranugrati

termasuk dalam kategori F maka tingkat pelayanan simpang ranugrati belum memenuhi syarat sehingga perlu dilakukan perencanaan alternatif perbaikan kinerja simpang. Selanjutnya adalah tabel kondisi eksisting pada simpang danau toba.

Tabel 7. Kondisi Eksisting Simpang Danau Toba Pada Sabtu Sore

Parameter Kinerja	Kode Pendekat			
	B	S	T	U
hki/TT	228	86	42	26
RBisi	0.07	0.47	0.03	0.29
RBika	0.07	0.28	0.02	0.48
Lebar efektif (Le)	6.00	3.00	3.00	3.00
Waktu siklus (c)	123.00	17.00	48.00	17.00
Waktu hijau hijau	10.00	10.00	10.00	10.00
Arus lemah dasar	3120.00	1350.00	2200.00	1150.00
Arus lemah (S)	2746.22	1170.27	1926.76	1077.84
Arus lalu lintas (Q)	1867.50	119.00	1105.80	115.90
Kapasitas (C)	2231.80	121.63	616.56	122.17
Derajat lelembutan	0.83	0.90	1.79	0.95
NO1	1.70	64.35	448.77	4.19
NO2	43.77	4.89	73.53	4.80
Panjang Antrian (m)	133.75	64.35	448.77	61.97
RKH	0.53	1.40	2.63	1.67
NKH	982.28	166.79	2908.04	194.09
Tundaan lalu lintas	10.37	142.39	438.14	189.48
Tundaan geometrik	5.87	5.61	10.52	6.70
Tundaan rata-rata	16.19	148.00	448.66	196.18
Tundaan total (T _{tot})	9.42	5.49	154.64	7.09
Tundaan total simpang	176.64			
Tingkat Pelayanan Simpang	F			
Keterangan	Sangat Buruk			

Jalan pada simpang danau toba termasuk jalan kota yang memiliki fungsi sebagai jalan lokal sekunder menurut PM 96 Tahun 2015 tingkat pelayanan jalan lokal sekunder, sekurang- kurangnya D. Berdasarkan tabel di atas didapatkan hasil analisis Tingkat pelayanan simpang danau toba yang Sangat Buruk (F) dengan tundaan rata – rata tertinggi terjadi di hari Sabtu 01 Juli 2024 jam puncak Siang yaitu sebesar 176,64 det/smp. Dikarenakan Tingkat pelayanan simpang danau toba termasuk dalam kategori F maka tingkat pelayanan simpang ranugrati belum memenuhi syarat sehingga perlu dilakukan perencanaan alternatif perbaikan kinerja simpang.

Alternatif 1 : Pada Simpang Ranugrati dan Danau Toba

Untuk perencanaan alternatif 1 akan dilakukan Optimasi APIL. Untuk perubahan, digunakan volume arus lalu lintas tertinggi pada hari Sabtu tanggal 29 Juni 2024 pada saat Jam Puncak. Untuk penentuan waktu sinyal pada setiap fase dan total Panjang siklus sebagaimana diuraikan dalam diagram siklus dan tabel dibawah ini:

Tabel 8. Kinerja Simpang Ranugrati Optimasi Waktu Sinyal Hari Sabtu 29 Juni 2024 Sore Berdasarkan PKJI 2023

Jam Puncak	Pendekat	Arus Lalu Lintas	Waktu Hijau	Waktu Siklus	Panjang Antrian	Tundaan Rata-Rata (det/smp)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
17.00 - 18.00	B	1297	60	89	196.68	23.30	1290	1.01
	S	80	19		10		370	0.22
	T	1345	60		70.70		1915	0.70
	U	214	19		26.29		479	0.45

Dari perhitungan diatas didapatkan tundaan rata-rata pada simpang Ranugrati sebesar 23,30 det/smp. Dimana berdasarkan peraturan perhubungan Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015 masuk dalam Tingkat pelayanan C (**Sedang**). Maka tingkat pelayanan pada simpang Ranugrati **belum memenuhi** persyaratan tingkat pelayanan dalam jalan lokal sekunder sekurang- kurangnya D.

Tabel 9. Kinerja Simpang Danau Toba Optimasi Waktu Sinyal Hari Sabtu 29 Juni 2024 Sore Berdasarkan PKJI 2023

Jam Puncak	Pendekat	Arus Lalu Lintas	Waktu Hijau	Waktu Siklus	Panjang Antrian	Tundaan Rata-Rata (det/smp)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
16.15-17.15	B	1868	62	92	157.91	26.24	1851	1.01
	S	119	20		22		254	0.47
	T	1106	62		78.30		1298	0.85
	U	116	20		17.91		234	0.49

Dari perhitungan diatas didapatkan tundaan rata-rata pada simpang Danau Toba sebesar 13,86 det/smp. Dimana berdasarkan peraturan perhubungan Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015 masuk dalam Tingkat pelayanan B (Baik). Maka tingkat pelayanan pada simpang danau toba memenuhi persyaratan tingkat pelayanan dalam jalan lokal sekunder sekurang-kurangnya D.

Alternatif 2 : Pada Simpang Ranugrati dan Danau Toba

Pada hasil perhitungan alternatif I Simpang Ranugrati didapatkan nilai derajat kejenuhan 1,01 lebih dari 0,85. Untuk perencanaan alternatif II perencanaan pemasangan lampu sinyal 2 fase dengan larangan belok kanan pendekat barat karena kendaraan yang belok kanan kurang dari 10% maka tipe pendekatnya adalah pendekat terlindung, dan untuk pendekat barat akan diarahkan melewati jalan raya sawojajar. pendekat timur, utara dan selatan dibolehkan belok kanan karena kendaraan yang belok kanan lebih dari 10% maka tipe pendekatnya adalah pendekat terlawan, tanpa perencanaan geometrik. Pada fase ini direncanakan fase terlindung untuk semua pendekat.

Tabel 10. Kinerja Simpang Ranugrati Optimasi Waktu Sinyal Hari Sabtu 29 Juni 2024 Sore Berdasarkan PKJI 2023

Jam Puncak	Pendekat	Arus Lalu Lintas	Waktu Hijau	Waktu Siklus	Panjang Antrian	Tundaan Rata-Rata (det/smp)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
17.00 - 18.00	B	906	29	47	50.53	13.41	1178	0.77
	S	80	8		5		295	0.27
	T	1345	29		45.79		1753	0.77
	U	214	8		15.42		382	0.56

Dari perhitungan diatas didapatkan tundaan rata-rata pada simpang Ranugrati sebesar 13,41 det/smp. Dimana berdasarkan peraturan perhubungan Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015 masuk dalam Tingkat pelayanan **B (Baik)**. Maka tingkat pelayanan pada simpang Ranugrati memenuhi persyaratan tingkat pelayanan dalam jalan lokal sekunder sekurang-kurangnya D.

Pada hasil perhitungan alternatif I Simpang Danau Toba didapatkan nilai derajat kejenuhan 1,01 lebih dari 0,85. Untuk perencanaan alternatif II perencanaan pemasangan lampu sinyal 2 fase dengan larangan belok kanan pendekat barat dan timur karena kendaraan yang belok kanan kurang dari 10% maka tipe pendekatnya adalah pendekat terlindung, dan untuk pendekat barat akan diarahkan melewati jalan danau toba. Pendekat timur, utara dan selatan dibolehkan belok kanan karena kendaraan yang belok kanan lebih dari 10% maka tipe pendekatnya adalah pendekat terlawan, tanpa perencanaan geometrik. Pada fase ini direncanakan fase terlindung untuk semua pendekat.

Tabel 11. Kinerja Simpang Ranugrati Optimasi Waktu Sinyal Hari Sabtu 29 Juni 2024 Sore Berdasarkan PKJI 2023

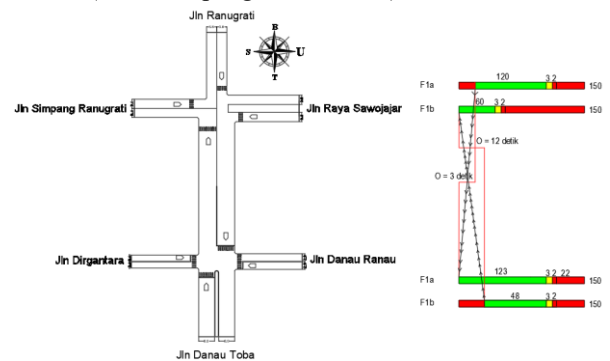
Jam Puncak	Pendekat	Arus Lalu Lintas	Waktu Hijau	Waktu Siklus	Panjang Antrian	Tundaan Rata-Rata (det/smp)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan
16.15-17.15	B	1387	28	44	33.82	13.86	2020	0.69
	S	119	6		12		160	0.75
	T	1106	28		45.39		1226	0.90
	U	116	6		9.45		147	0.79

Dari perhitungan diatas didapatkan tundaan rata-rata pada simpang Danau Toba sebesar 13,86 det/smp. Dimana berdasarkan peraturan perhubungan Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015 masuk dalam Tingkat pelayanan B (Baik). Maka tingkat pelayanan pada simpang danau toba memenuhi persyaratan tingkat pelayanan dalam jalan lokal sekunder sekurang-kurangnya D.

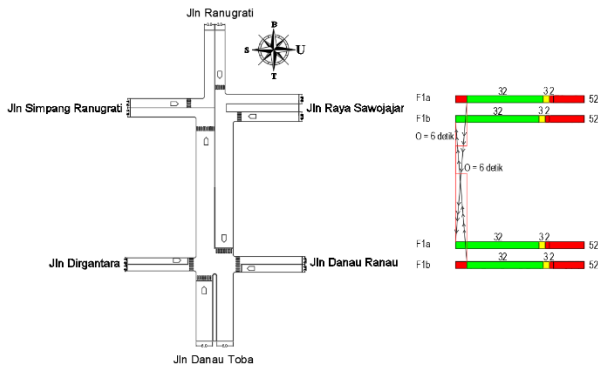
Offset Sinyal Eksisting dan Perbaikan

Besarnya lintasan adalah bandwidth, di mana syarat bandwidth adalah tidak boleh menyentuh sinyal merah untuk mendapatkan arus yang tidak terputus. Jika dalam diagram, terdapat lintasan yang mengenai sinyal merah, maka dilakukan pergeseran waktu siklus kembali sampai menemukan posisi yang tepat atau juga dengan memperkecil lintasan itu sendiri, sehingga syarat bandwidth pun terpenuhi.

Fase 1 simpang Ranugrati akan terkoordinasi dengan fase 1 simpang Danau Toba, sehingga kendaraan yang lurus dari simpang Ranugrati tidak mengenai sinyal merah pada simpang Danau Toba begitupun sebaliknya. Pergerakan fase 1 pada simpang Ranugrati adalah dari arah jalan Ranugrati (barat, simpang Ranugrati) menuju ke jalan Danau Toba (barat, simpang Ranugrati) dan dari arah jalan Raya Sawojajar (utara, simpang Ranugrati) ke jalan Simpang Ranugrati (selatan, simpang Ranugrati). Pergerakan fase 1 pada simpang Danau Toba adalah dari arah jalan Dirgantara (selatan, simpang Danau Toba) menuju ke jalan Danau Ranau (utara, simpang Danau Toba)



Gambar 3. Diagram Platoon Eksisting Simpang Ranugrati – Simpang Danau Toba dan Sebaliknya



Gambar 4. Diagram Platoon Alternatif Simping Ranugrati – Simping Danau Toba dan Sebaliknya

Analisa Data Menggunakan Software Vissim 11

Dari analisa data menggunakan software vissim di dapat hasil panjang antrian sebagai berikut:

Tabel 12. Hasil Perbandingan Panjang Antrian PKJI 2024 dan Vissim 11 Pada Simping Ranugrati

Pendekat	PANJANG ANTRIAN	
	PKJI 2023	Vissim 11
B	187.15	126.81
S	17.91	87.26
T	268.70	67.72
U	53.01	79.20

Tabel 13. Hasil Perbandingan Panjang Antrian PKJI 2024 dan Vissim 11 Pada Simping Danau Toba

Pendekat	PANJANG ANTRIAN	
	PKJI 2023	Vissim 11
B	133.75	75.36
S	64.35	95.24
T	448.77	212.22
U	61.97	90.92

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada Bab IV, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Analisa pada simping Ranugrati dan simping Danau Toba menggunakan PKJI 2023: Pada jam puncak Hari Sabtu, 29 Juni 2024 jam 17.00-18.00
 - Pada simping Ranugrati diperoleh waktu siklus sebesar 150 detik dengan panjang antrian pada lengan barat, selatan, timur dan utara sebesar 187.15 m, 17.91 m, 268.70 m dan 53,01 m, serta derajat kejenuhannya sebesar 0.85, 0.35, 1.18, dan 0.72. Tundaan rata-rata simping Ranugrati 65.75 det/kend termasuk dalam kategori tingkat pelayanan F yaitu sangat buruk.
 - Pada simping Danau Toba diperoleh waktu siklus sebesar 150 detik dengan panjang antrian pada lengan barat, selatan, timur dan utara sebesar 133.75 m, 64.35 m, 448.77 m dan 61.97 m, serta derajat kejenuhannya sebesar 0.83, 0.90, 1.79, dan 0.95. Tundaan rata-rata simping Danau Toba 176.64 det/kend termasuk dalam kategori tingkat pelayanan F yaitu sangat buruk.
- Analisa menggunakan Vissim 11 dilakukan dengan cara kalibrasi pemodelan sehingga mendapatkan hasil panjang antrian pada simping Ranugrati

pendekat utara, timur, selatan, barat sebesar 79.20 m, 67.72 m, 87.26 m, 126.81 m. Panjang antrian pada simping Danau Toba pendekat utara, timur, barat, selatan sebesar 90.92 m, 212.22 m, 75.36 m, 95.24 m

- Solusi alternatif untuk permasalahan kedua simping tersebut dengan menggunakan Vissim 11:
 - Alternatif 1 optimasi waktu sinyal pada simping Ranugrati diperoleh waktu siklus sebesar 150 detik dengan panjang antrian pada lengan barat, selatan, timur dan utara sebesar 196.68 m, 9.64 m, 70,70 m dan 26,29 m, serta derajat kejenuhannya sebesar 1.01, 0.22, 0.70, dan 0.45. Tundaan rata-rata simping Ranugrati 23.3 det/kend termasuk dalam kategori tingkat pelayanan C yaitu sedang.
 - Alternatif 1 optimasi waktu sinyal pada simping Danau Toba diperoleh waktu siklus sebesar 150 detik dengan panjang antrian pada lengan barat, selatan, timur dan utara sebesar 157.91 m, 22.08 m, 78.30 m dan 17.91 m, serta derajat kejenuhannya sebesar 1.01, 0.47, 0.85, dan 0.49. Tundaan rata-rata simping Danau Toba 26.24 det/kend termasuk dalam kategori tingkat pelayanan D yaitu sedang.
 - Alternatif 2 optimasi waktu sinyal dengan belok kanan tidak diperbolehkan pada pendekat timur pada simping Ranugrati diperoleh waktu siklus sebesar 47 detik dengan panjang antrian pada lengan barat, selatan, timur dan utara sebesar 50.53 m, 5 m, 45.79 m dan 15,42 m, serta derajat kejenuhannya sebesar 0.77, 0.27, 0.77, dan 0.56. Tundaan rata-rata simping Ranugrati 13.41 det/kend termasuk dalam kategori tingkat pelayanan B yaitu baik.
 - Alternatif 2 optimasi waktu sinyal dengan belok kanan tidak diperbolehkan pada pendekat timur pada simping Danau Toba diperoleh waktu siklus sebesar 44 detik dengan panjang antrian pada lengan barat, selatan, timur dan utara sebesar 33.82 m, 12 m, 45.39 m dan 9.45 m, serta derajat kejenuhannya sebesar 0.69, 0.75, 0.90, dan 0.79. Tundaan rata-rata simping Danau Toba 13.86 det/kend termasuk dalam kategori tingkat pelayanan B yaitu baik.

Dari kedua alternatif tersebut, yang paling efektif adalah dengan melakukan optimasi waktu sinyal simping Ranugrati dan Danau Toba yang membatasi kendaraan belok kanan pada lengan timur.

- Waktu offset sinyal eksisting simping ranugrati ke simping danau toba dan simping danau toba ke simping ranugrati yaitu 3 detik dan 12 detik, sedangkan offset sinyal perbaikan simping ranugrati ke simping danau toba dan simping danau toba ke simping ranugrati yaitu 6 detik dan 6 detik

SARAN

- Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan melakukan survey dengan teliti dalam pengambilan data dan kebutuhan jumlah surveyor. Juga melakukan solusi alternatif lainnya yang lebih maksimal.

2. Melakukan koordinasi antar simpang dan membatasi kendaraan yang belok kanan untuk meningkatkan tingkat pelayanan simpang.
3. Melakukan survey lalu lintas pada waktu masuk sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Semiun Y. A. R. (2021). *Evaluasi Kinerja Dua Simpang Bersinyal Berdekatan Menggunakan Program PTV VISSIM 11 (Studi Kasus : Simpang Jalan Sulfat dan Simpang Jalan Ciliwung)*.
- Zaki Muhammad. (2020). *Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal UPN Yogyakarta*.
- Rea Hiasintus Soko Bheo. (2020). *Evaluasi Kinerja Simpang Jalan Danau Toba dan Simpang Jalan Ranugrati Kota Malang*.
- Bachri Syaiful. (2023). *Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Yang Berdekatan Menggunakan Metode PKJI 2014 dan Software VISSIM (Studi Kasus Simpang JL. L. A. Sucipto, Kec. Blimbing Kota Malang, Jawa Timur)*.
- Nindita Fransisca Aria. (2020). *Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software VISSIM (Studi Kasus : Simpang Ngabean Yogyakarta)*.
- Anonim. (2023). Keputusan Gubernur Jawa Timur no. 788 tahun 2023. Sk Jalan Kota Malang No. 788 Thn 2023.
- Anonim. (2023). Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Anonim. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan no. 96. Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. Menteri Perhubungan.
- Anonim. (2022). Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 Tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan. *Pemerintah Indonesia, 134229, 77*.
- Hendarto, dkk. (2001). *Pengertian Persimpangan Jalan. (Studi Kasus Simpang Tiga Bersinyal)*.
- C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall. (2003). *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi Jilid 1 Edisi 3. Jakarta: Erlangga*
- Rahayu S. (2014). *Indeks Tingkat Pelayanan Jalan Berbasis Model Linier di Ruas Jalan Kertajaya Indah Surabaya*.