

EVALUASI PENERAPAN AREA TRAFFIC CONTROL SYSTEM (ATCS) PADA SIMPANG BERSINYAL (Studi Kasus: Persimpangan Teling)

Samuel S. Mamentu

Lucia I.R Lefrandt, James A. Timboeleng

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

Email: samuelmamentu@gmail.com

ABSTRAK

Persimpangan merupakan tempat terjadinya konflik antara kendaraan dengan kendaraan lain maupun dengan pejalan kaki. Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi dan optimasi kinerja persimpangan adalah dengan menggunakan Area Traffic Control System (ATCS). Persimpangan di Kota Manado yang telah dipasang perangkat ATCS dan masih beroperasi yakni persimpangan Teling. Perlu dievaluasi dampak penerapan ATCS pada kinerja simpang bersinyal.

Data volume arus lalu lintas diambil selama 3 hari yaitu hari Senin, Rabu, dan Sabtu pada tanggal 13 Agustus, 15 Agustus, dan 18 Agustus 2018 dari jam 07.00 - 19.00 WITA. Penelitian ini bertujuan menganalisa kinerja simpang pada kondisi eksisting serta melakukan evaluasi penerapan ATCS pada kinerja simpang bersinyal. Metode yang digunakan untuk menganalisa kinerja simpang adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Dari hasil penelitian menunjukkan jam sibuk persimpangan terjadi pada jam 15.00 - 16.00 ditandai dengan derajat kejenuhan (DS) pada pendekat Teling = 0,85, pendekat Toar = 0,73, pendekat Diponegoro = 1,07 dan pendekat Tikala = 1,19. Rata-rata nilai DS persimpangan = 0,96. Nilai DS pada pendekat Tikala dan pendekat Diponegoro telah melebihi 1, yang menandakan kapasitas pendekat sudah tidak mampu melayani arus lalu lintas dengan optimal. Nilai tundaan untuk pendekat Teling = 59,22 det/smp, untuk pendekat Toar = 70,3 det/smp, untuk pendekat Diponegoro = 257,67 det/smp, dan untuk pendekat Tikala = 491,27 dengan tundaan rata-rata persimpangan = 97,1 det/smp sehingga didapat tingkat pelayanan kelas F (LOS F). Dari hasil evaluasi perhitungan kinerja simpang, dapat dilihat bahwa penerapan ATCS belum memberikan dampak pada peningkatan kinerja simpang bersinyal. Dengan melakukan perubahan waktu siklus $c = 177$ det, terjadi peningkatan kinerja persimpangan dilihat dari rata-rata nilai DS persimpangan = 0,90. Terjadi penurunan pada tundaan rata-rata persimpangan yang tadinya 97,1 det/smp turun menjadi 56,4 det/smp. Dengan waktu siklus alternatif terjadi perbaikan tingkat pelayanan persimpangan dari LOS F menjadi LOS E.

Kata kunci: ATCS, derajat kejenuhan, panjang antrian, tundaan, level of service

PENDAHULUAN

Salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi dan optimasi kinerja persimpangan adalah dengan menggunakan *Area Traffic Control System (ATCS)* atau sistem kendali lalu lintas kawasan. Dengan menggunakan ATCS, pengaturan lampu lalu lintas menjadi terkoordinasi dengan simpang bersinyal lainnya. Input data lalu lintas juga didapatkan secara *real time* melalui *video surveillance* yang dipasang pada titik-titik persimpangan sehingga memungkinkan pengaturan siklus lampu lalu lintas yang paling efisien sesuai dengan kebutuhan.

Saat ini Pemerintah Kota Manado melalui Dinas Perhubungan telah menerapkan sistem

kendali lalu lintas kawasan atau ATCS, namun baru pada 2 titik persimpangan di Kota Manado, yakni persimpangan Teling yang menghubungkan Jl. 14 Februari – Jl. Toar – Jl. Lumimuut – Jl. Diponegoro dan persimpangan Jl. B. W. Lapian – Jl. Jendral Sudirman (perempatan Patung Walanda Maramis, Komo Luar). Dengan adanya perubahan arah pada Jl. B.W Lapian dan Jl. Jendral Sudirman, maka hanya tersisa 1 titik persimpangan yang menggunakan teknologi ATCS. Namun penerapan ATCS pada persimpangan di Manado belum terkoordinasi antar simpang bersinyal lainnya karena letak simpang bersinyal yang jauh dari simpang bersinyal lainnya, sehingga perangkat ATCS yang dipasang hanya sekedar perangkat untuk memantau kondisi lalu lintas di persimpangan.

Untuk itu diperlukan evaluasi penerapan *ATCS* pada kinerja simpang bersinyal, sehingga dapat diketahui dampak langsung yang diberikan *ATCS*, dan bisa didapatkan alternatif untuk efisiensi penggunaan *ATCS* pada simpang bersinyal.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diambil suatu perumusan masalah yaitu bagaimana kinerja persimpangan Teling setelah diterapkan *ATCS*.

Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari rumusan masalah yang diangkat, maka penelitian ini dibatasi pada hal – hal sebagai berikut:

1. Lokasi yang ditinjau adalah persimpangan Teling (Jl. 14 Februari – Jl. Diponegoro – Jl. Toar – Jl. Lumimuut)
2. Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 3 hari dalam satu minggu, dilakukan pada hari senin, rabu, dan sabtu selama 12 jam yaitu pukul 07.00 sampai pukul 19.00
3. Metode pengumpulan dan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan standar Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.
4. Penerapan *ATCS* pada Persimpangan Teling dievaluasi sebagai simpang tunggal karena tidak terkoordinasi dengan simpang bersinyal lain
5. Evaluasi penerapan *ATCS* terbatas pada dampak pada kinerja simpang bersinyal dan tidak pada evaluasi teknis *ATCS*.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting
2. Mengevaluasi penerapan *ATCS* pada kinerja simpang bersinyal serta perubahan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan kinerja simpang bersinyal

LANDASAN TEORI

Definisi Persimpangan

Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum di mana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (AASHTO, 2001).

Persimpangan Bersinyal

Simpang bersinyal adalah persimpangan jalan yang pergerakan arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergantian. Maksud dari penggunaan sinyal lalu lintas adalah untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari berbagai arah yang saling berpotongan.

Menurut MKJI 1997, pada umumnya sinyal lalu lintas dipergunakan untuk satu atau lebih dari alasan berikut:

- a. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu-lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu-lintas jam puncak
- b. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk /memotong jalan utama
- c. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu-lintas akibat tabrakan antara kendaraankendaraan dari arah yang bertentangan.

Arus Jenuh Dasar (S_0)

Arus jenuh dasar (S_0) adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi ideal. Untuk pendekat tipe P:

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ (smp/jam hijau)}$$

dimana:

$$S_0 = \text{Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)}$$

$$W_e = \text{Lebar pendekat efektif (m)}$$

Arus Jenuh (S)

Arus jenuh (S) adalah besarnya keberangkatan antrian dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan. Arus jenuh dapat ditentukan sebagai hasil anatar arus jenuh awal (S_0) dari kondisi standard dan faktor koreksi (F) untuk penyimpangan dari keadaan sebenarnya pada kondisi sebelum ditentukan.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_F \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ (smp/jam)}$$

Dimana:

$$S = \text{Arus jenuh}$$

$$S_0 = \text{Arus jenuh dasar}$$

$$F_{CS} = \text{Faktor penyesuaian ukuran kota}$$

$$F_{SF} = \text{Faktor penyesuaian hambatan samping}$$

$$F_G = \text{Faktor penyesuaian kelandaian}$$

$$F_F = \text{Faktor penyesuaian terhadap situasi parkir}$$

$$F_{RT} = \text{Faktor penyesuaian untuk arus}$$

F_{LT} = Faktor penyesuaian untuk arus belok kanan
belok kiri

Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus untuk sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap.

$$C_{ua} = \frac{(1.5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)}$$

dimana:

- C_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)
- LTI = waktu hilang per siklus (det)
- IFR = Rasio arus simpang L (FR_{crit})

Waktu hijau pada masing-masing fase:
 $g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i$

dimana:

- g_i = tampilan waktu hijau pada fase i
- C_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian
- LTI = waktu total hilang per siklus (det)
- PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \sum (FR_{crit})$

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan.

Waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasarkan pada waktu hijau dan waktu hilang (LTI) yang diperoleh dan telah dibulatkan, $c = \sum g + LTI$ (det)

Kapasitas

Kapasitas (C) dari masing-masing pendekat adalah:

$$C = S \times g/c \text{ (detik)}$$

dimana:

- C = kapasitas (smp/jam)
- S = arus jenuh (smp/jam)
- G = waktu hijau (detik)
- c = waktu siklus (detik)

Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) dari masing-masing pendekat adalah:

$$DS = Q/C$$

dimana:

- DS = derajat kejenuhan
- Q = arus lalu lintas (smp/ jam)
- C = kapasitas (smp/jam)

Tingkat Kinerja

Panjang Antrian

Hasil perhitungan derajat kejenuhan (DS) digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Perhitungannya menggunakan rumus berikut ini: Untuk $DS > 0.5$:

$$NQ_1 = 0.25 C \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS^2 - 1) + \frac{8(DS - 0.5)}{C}} \right]$$

Untuk $DS < 0.5$:

$$NQ_1 = 0$$

dimana:

- NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- DS = derajat kejenuhan
- C = kapasitas (smp/jam)

Kemudian jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

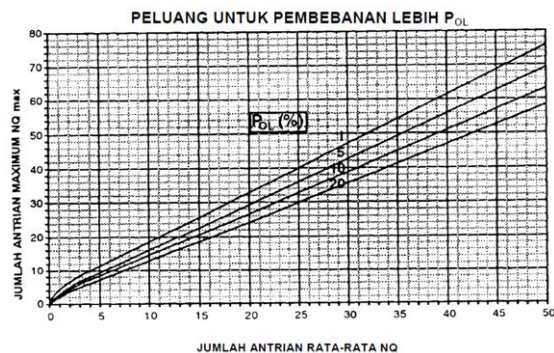
dimana:

- NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah
- DS = derajat kejenuhan
- GR = rasio hijau (g/c)
- c = waktu siklus (det)

Jumlah kendaraan antri dapat dihitung dengan menjumlahkan NQ_1 dan NQ_2

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Nilai NQ perlu untuk disesuaikan dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih P_{OL} (%). Untuk perancangan dan perencanaan disarankan $P_{OL} < 5 \%$, untuk operasi suatu nilai $P_{OL} = 5 \%$ - 10% mungkin dapat diterima.



Gambar 1. Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{MAX}) Dalam smp
Sumber: MKJI 1997

Panjang antrian (QL) pada masing-masing kaki persimpangan digunakan rumus sebagai berikut:

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}}$$

dimana:

QL = Panjang antrian (m)

NQ_{MAX} = jumlah antrian yang disesuaikan

20 = asumsi luas rata-rata yang dipergunakan per smp

W_{MASUK} = lebar pendekat masuk

Kendaraan Terhenti

Angka henti (NS) pada masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) sebelum melewati persimpangan, dapat dihitung dengan rumus:

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

dimana:

c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

NQ = jumlah kendaraan antrian (smp)

Tundaan

Tundaan Lalu lintas (DT)

Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c}$$

dimana:

DT = tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

c = waktu siklus (det)

$$A = \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat kejenuhan

C = kapasitas (smp/jam)

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

Tundaan Geometrik (DG)

Tundaan geometri rata-rata tiap pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah:

$$DG_j = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4)$$

dimana:

DG_j = tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

P_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada pendekat

P_T = rasio kendaraan berbelok pada Pendekat

Untuk rata-rata tiap pendekat:

$$D_j = DT_j + DG_j \text{ (det/smp)}$$

dimana:

DT_j = tundaan lalu lintas rata-rata pendekat (det/smp)

DG_j = tundaan geometri rata-rata pendekat (det/smp)

Tundaan total = $D \times Q$

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang

$$D_j = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \text{ (det/smp)}$$

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indikator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekat demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.

Tabel 1. Tingkat Pelayanan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (Delay) (det/smp)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 – 15
C	15,1 – 25
D	25,1 - 40
E	40,1 – 60
F	≥ 60

Sumber: HCM 85

HASIL DAN PEMBAHASAN

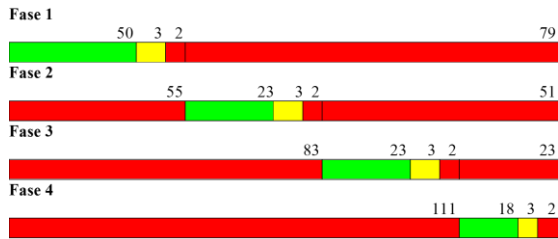
Fase dan Waktu Siklus

Terdapat 5 program waktu sinyal pada lokasi penelitian. Program-program waktu sinyal ini diterapkan pada jam-jam yang berbeda. Hari Senin sampai dengan hari Kamis memiliki program waktu sinyal yang sama. Sedangkan untuk hari Jumat, Sabtu, dan Minggu memiliki program waktu sinyal yang berbeda-beda pada jam yang sudah ditentukan.

Tabel 2. Data Sinyal Tiap Fase Program 1

Data Sinyal (detik)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Merah	81	108	108	113
Kuning	3	3	3	3
Hijau	50	23	23	18
All Red	2	2	2	2
Intergreen	20	20	20	20
Waktu Siklus	134	134	134	134

(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

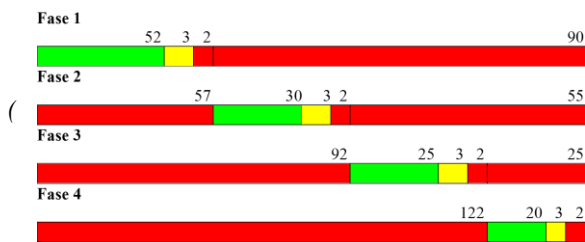


Gambar 2. Waktu Siklus Program 1
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Tabel 3. Data Sinyal Tiap Fase Program 2

Data Sinyal (detik)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Merah	92	114	119	124
Kuning	3	3	3	3
Hijau	52	30	25	20
All Red	2	2	2	2
Intergreen	20	20	20	20
Waktu Siklus	147	147	147	147

(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

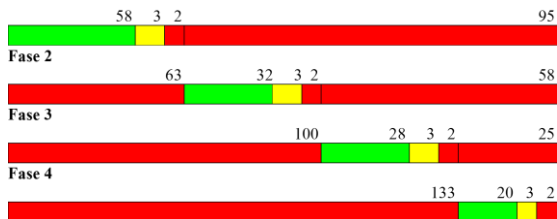


Gambar 3. Waktu Siklus Program 2
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Tabel 4. Data Sinyal Tiap Fase Program 3

Data Sinyal (detik)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Merah	97	123	127	135
Kuning	3	3	3	3
Hijau	58	32	28	20
All Red	2	2	2	2
Intergreen	20	20	20	20
Waktu Siklus	158	158	158	158

(Sumber: Hasil Analisis, 2018)



Gambar 4. Waktu Siklus Program 3
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Tabel 5. Data Sinyal Tiap Fase Program 4

Data Sinyal (detik)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Merah	94	119	124	127
Kuning	3	3	3	3
Hijau	55	30	25	22
All Red	2	2	2	2
Intergreen	20	20	20	20
Waktu Siklus	152	152	152	152

(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

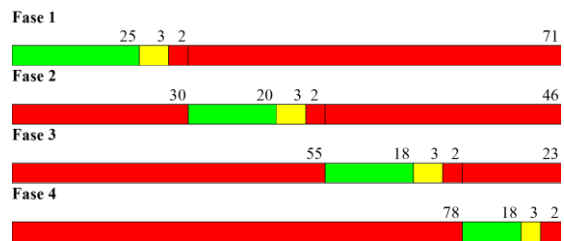


Gambar 5. Waktu Siklus Program 4
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Tabel 6 Data Sinyal Tiap Fase Program 5

Data Sinyal (detik)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Merah	73	78	80	80
Kuning	3	3	3	3
Hijau	25	20	18	18
All Red	2	2	2	2
Intergreen	20	20	20	20
Waktu Siklus	101	101	101	101

(Sumber: Hasil Analisis, 2018)



Gambar 6. Waktu Siklus Program 5
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Tabel 7. Penerapan Program pada APILL

Program	Senin	Jumat	Sabtu	Minggu
	Jam			
P1	06.00	06.15	06.00 22.00	06.40
P2	08.00	08.00 18.00	19.00	09.00
P3	11.00	12.00	16.00	15.00
P4	16.00	-	21.00	-
P5	21.00	-	-	-

(Sumber: Dinas Perhubungan Kota Manado, 2018)

Geometrik Persimpangan

Data geometrik jalan yang diperlukan adalah jumlah lengan, lebar jalan, dan jumlah lajur. Data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan lebar masuk (W_{MASUK}), lebar keluar (W_{KELUAR}), dan lebar efektif (W_e). Data-data ini diambil dari penelitian terdahulu dengan lokasi yang sama

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Persimpangan Teling merupakan persimpangan bersinyal dengan empat lengan yang menghubungkan Jl. 14 Februari – Jl. Diponegoro – Jl. Toar – Jl. Lumimuut. Simpang ini adalah salah satu simpang yang cukup padat di Kota Manado. Pendekat Teling dengan tipe lingkungan komersil sehingga menyebabkan tingginya hambatan samping, baik dari kendaraan keluar masuk toko, angkutan umum yang berhenti, dan juga pejalan kaki yang menyeberang. Hal ini mengganggu ruas jalan pergerakan arus lalu lintas LTOR dari arah Tikala. Mayoritas pergerakan lalu lintas menuju ke Teling dan Tikala, karena daerah tersebut merupakan kawasan perkantoran.

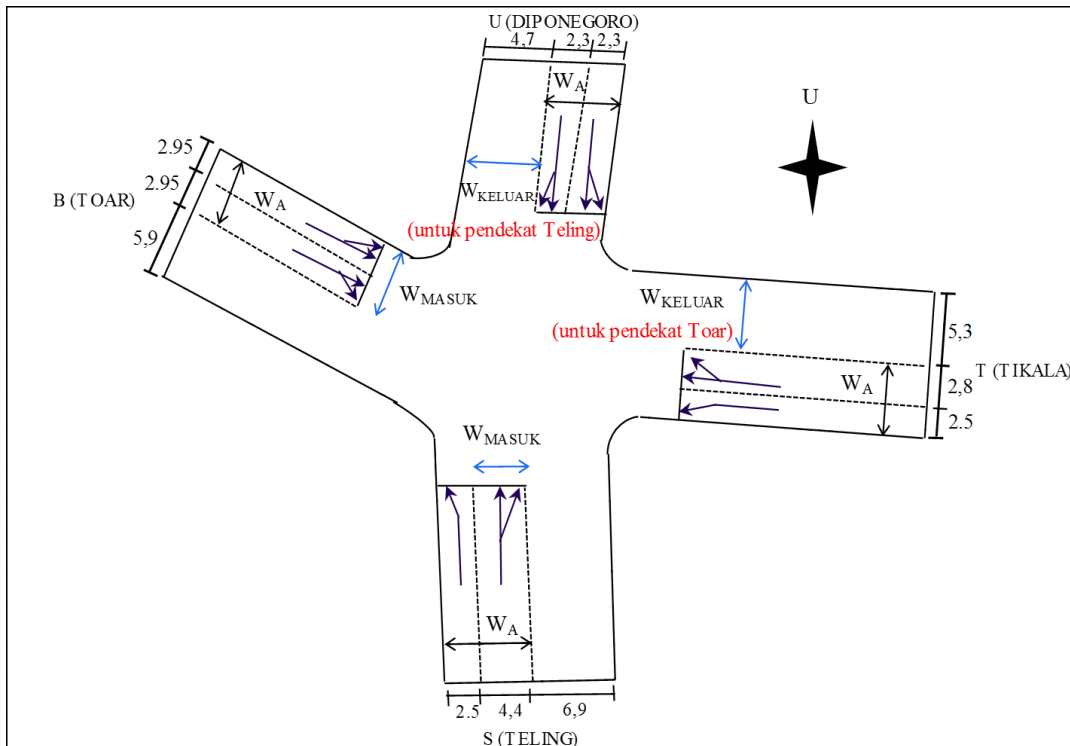
Volume Lalu Lintas

Data volume lalu lintas ditampilkan dalam bentuk LV+HV dan untuk masing-masing pendekatan. Pada Gambar 8 menunjukkan variasi volume kendaraan rata-rata per jam per hari pada pendekatan Teling, dimana jam puncak terjadi pada jam 15.00 - 16.00 untuk LV+HV, sedangkan jam 17.00 - 18.00 adalah jam puncak untuk MC.

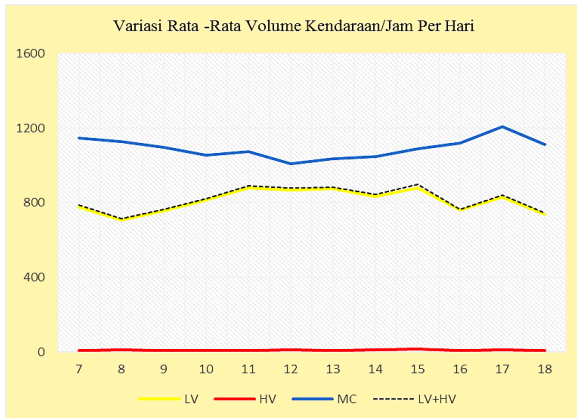
Pada Gambar 9 menunjukkan variasi volume kendaraan rata-rata per jam per hari pada pendekatan Toar, dimana jam puncak terjadi pada jam 13.00 - 14.00 untuk LV+HV, sedangkan jam 17.00 - 18.00 adalah jam puncak untuk MC.

Pada Gambar 10 menunjukkan variasi volume kendaraan rata-rata per jam per hari pada pendekatan Diponegoro, dimana jam puncak terjadi pada jam 16.00 - 17.00 untuk LV+HV, sedangkan jam 18.00 - 19.00 adalah jam puncak untuk MC.

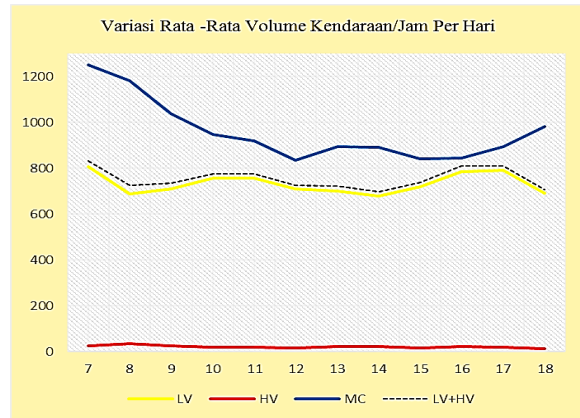
Pada gambar 11 menunjukkan variasi volume kendaraan rata-rata per jam per hari pada pendekatan Tikala, dimana jam puncak terjadi pada jam 07.00 - 08.00 untuk LV+HV, sedangkan jam 07.00 - 08.00 adalah jam puncak untuk MC.



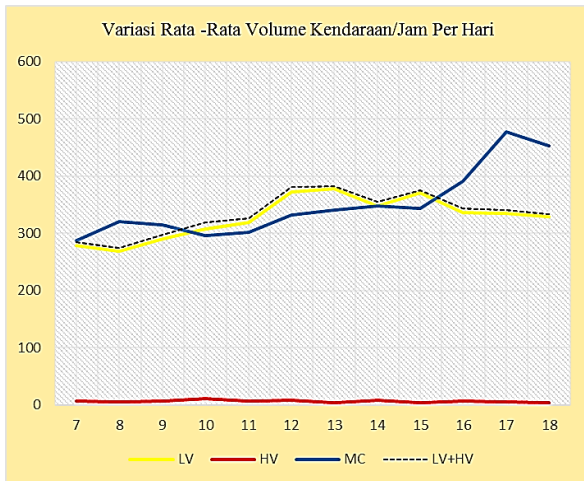
Gambar 7. Sketsa Persimpangan Teling
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)



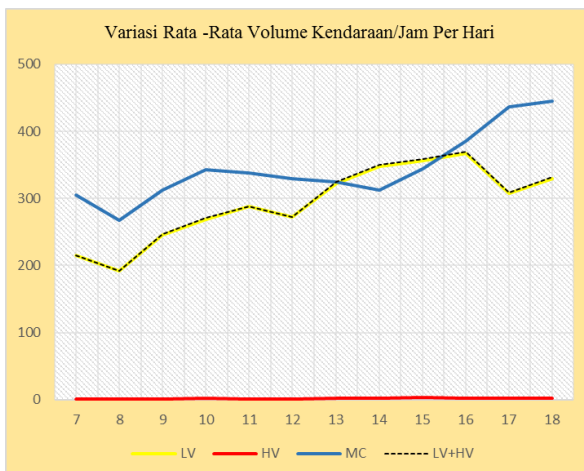
Gambar 8. Variasi Volume Kendaraan Pendekat Teling
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)



Gambar 11. Variasi Volume Kendaraan Pendekat Tikala
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)



Gambar 9. Variasi Volume Kendaraan Pendekat Toar
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)



Gambar 10. Variasi Volume Kendaraan Pendekat Diponegoro
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Perhitungan Kinerja Persimpangan

Perhitungan kinerja persimpangan menggunakan formulir SIG-I sampai dengan SIG-V untuk simpang bersinyal menurut MKJI 1997, dengan penjelasan sebagai berikut:

SIG-I : Geometrik, Pengaturan Lalu-Lintas dan Lingkungan

SIG-II : Arus Lalu Lintas

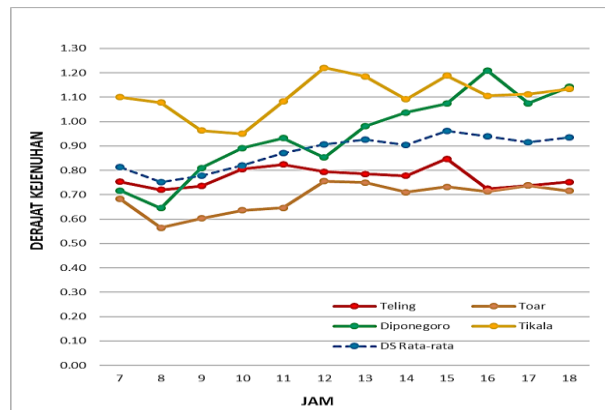
SIG-III : Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

SIG-IV : Penentuan Waktu Sinyal dan Kapasitas

SIG-V : Tundaan, Panjang Antrian dan Jumlah Kendaraan Terhenti

Derajat Kejenuhan

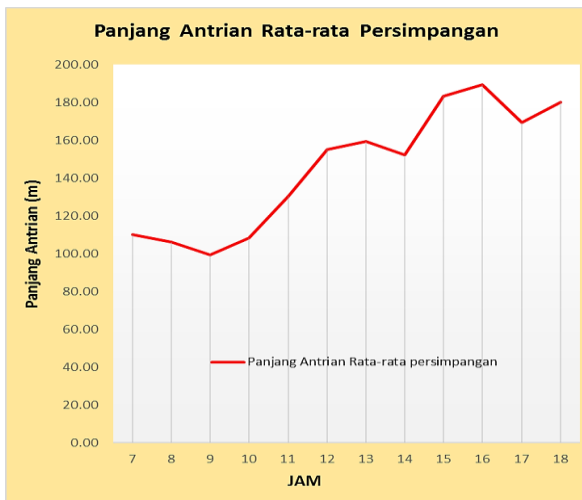
Gambar 12 menunjukkan derajat kejenuhan tiap pendekatan dari jam 07.00 – 19.00. Dapat dilihat bahwa derajat kejenuhan pendekatan Diponegoro dan pendekatan Tikala telah melewati 1, yang berarti pendekatan tersebut telah lewat jenuh dan menyebabkan antrian panjang. Derajat kejenuhan rata-rata simpang berkisar antara 0,75 – 0,95.



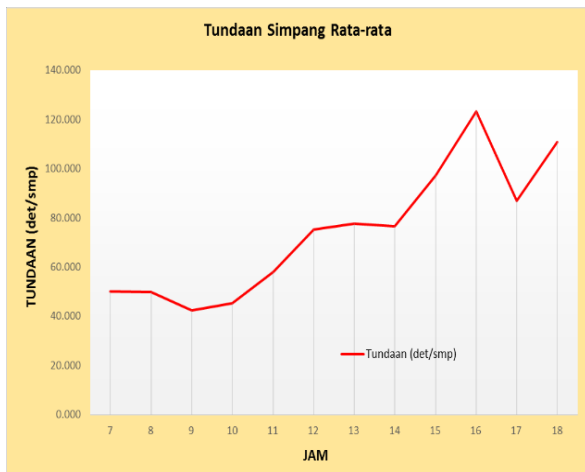
Gambar 12. Variasi Nilai DS Tiap Pendekat
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Panjang Antrian dan Tundaan

Pada Gambar 14 menunjukkan hasil perhitungan tundaan rata-rata serta tingkat pelayanan persimpangan berada pada LOS E pada jam 07.00-12.00, dan LOS F pada jam 12.00-19.00. Tundaan pada jam puncak sebesar 97,1 det/smp. Kondisi geometrik pada pendekat Toar dan pendekat Tikala yang memiliki kelandaian +6% dan +8% memberikan pengaruh pada tundaan geometrik. Perbedaan lebar pendekat antara Pendekat Teling dengan pendekat lainnya menyebabkan terjadi efek *bottle neck* atau penyempitan jalur.



Gambar 13. Panjang Antrian Rata-Rata (Sumber: Hasil Analisis, 2018)



Gambar 14. Tundaan Rata-Rata Simpang (Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Berdasarkan hasil perhitungan kinerja persimpangan dapat diasumsikan bahwa penerapan ATCS pada simpang Teling, belum memberikan peningkatan kinerja pada simpang. Perangkat ATCS juga seringkali mengalami gangguan baik pada server maupun pada kamera

cctv sehingga belum bisa berfungsi secara optimal. Pengeras suara yang dipasang agar pengendara tertib berlalu lintas juga sudah tidak dioperasikan. Diperlukan perubahan lebar pendekat untuk meningkatkan kapasitas persimpangan. Namun dengan kondisi pendekat Tikala yang memiliki jurang disamping kiri jalan, serta kondisi pendekat Toar dan pendekat Diponegoro yang sudah berbatasan langsung antara trotoar dan pagar rumah warga, maka perubahan lebar pendekat akan menjadi alternatif jangka panjang. Perubahan waktu siklus menjadi alternatif yang tepat untuk meningkatkan kinerja persimpangan.

Perhitungan Waktu Siklus Alternatif

Terdapat 5 program penyalaaan APILL dengan penerapan pada jam dan hari yang berbeda-beda. Program P2, P3, dan P4 akan direncanakan waktu siklus baru berdasarkan kondisi geometrik eksisting dan hasil perhitungan volume lalu lintas (formulir SIG-I dan formulir SIG-II). Untuk program P1 dan P5 tidak direncanakan waktu siklus baru dikarenakan penerapan program diluar waktu penelitian serta tidak pada jam-jam sibuk.

waktu hijau:

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i$$

waktu Siklus:

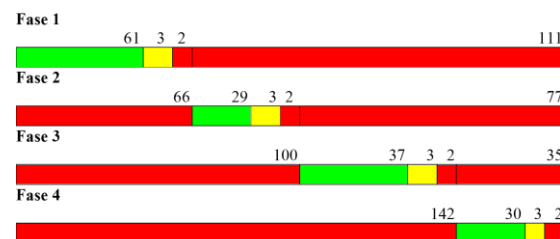
$$c = \sum g + LTI$$

Hasil perhitungan waktu siklus dan waktu hijau alternatif tiap fase untuk program 4 (jam puncak pukul 15.00-16.00) ditampilkan pada Tabel 8 dan Gambar 15.

Tabel 8. Data Waktu Siklus Alternatif P4

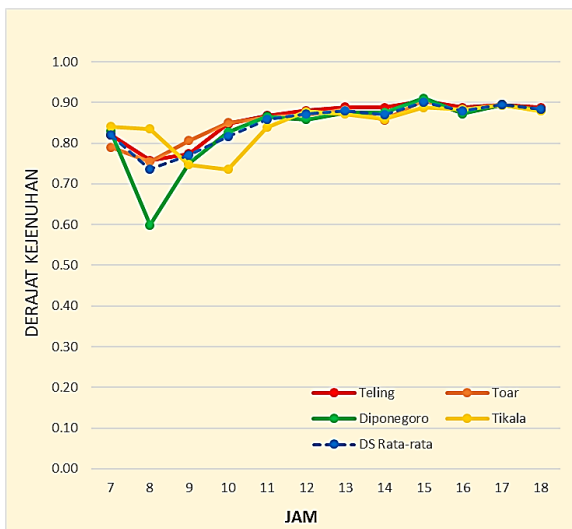
Data Sinyal (detik)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Merah	113	145	137	144
Kuning	3	3	3	3
Hijau	61	29	37	30
All Red	2	2	2	2
Intergreen	20	20	20	20
Waktu Siklus	177	177	177	177

(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

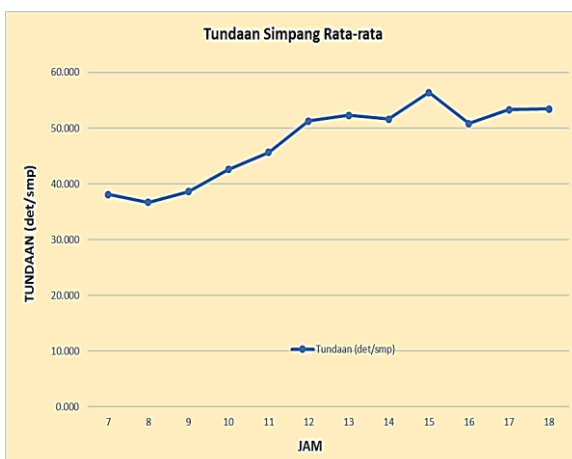


Gambar 15. Waktu Siklus Alternatif (Sumber: Hasil Analisis, 2018)

Perubahan waktu siklus memberikan peningkatan pada kinerja simpang ditandai dengan meningkatnya kapasitas (C) serta dapat dilihat pada Gambar 16, derajat kejenuhan (DS) masing-masing pendekatan yang lebih kecil dari 1. Nilai DS pendekatan Teling pada jam puncak pukul 15.00 – 16.00 = 0,90, pendekatan Toar = 0,90, pendekatan Diponegoro = 0,91, serta pendekatan Tikala = 0,89. Dapat dilihat pada Gambar 17 terjadi penurunan pada tundaan rata-rata persimpangan yang tadinya 97,1 det/smp turun menjadi 56,4 det/smp. Dengan waktu siklus alternatif dapat dikategorikan tingkat pelayanan persimpangan LOS E.



Gambar 16. Variasi Nilai DS dengan Waktu Siklus Alternatif
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)



Gambar 17. Tundaan Rata-Rata dengan Waktu Siklus Alternatif
(Sumber: Hasil Analisis, 2018)

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan perhitungan kinerja persimpangan yang didasarkan pada survey lalu lintas yang dilakukan pada hari Senin, Rabu, dan Sabtu tanggal 13, 15, dan 18 Agustus 2018 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan volume kendaraan rata-rata menunjukkan bahwa persimpangan Jl. 14 Februari – Jl. Diponegoro mengalami waktu sibuk pada jam 15.00-16.00. Nilai derajat kejenuhan (DS) untuk pendekatan Teling = 0,85, untuk pendekatan Toar = 0,73, untuk pendekatan Diponegoro = 1,07, dan untuk pendekatan Tikala = 1,19. Rata-rata nilai DS persimpangan = 0,96. Nilai DS pendekatan Tikala dan Diponegoro telah melewati 1. Hal ini menunjukkan kondisi persimpangan yang sudah tidak mampu melayani arus lalu lintas dengan optimal. Nilai tundaan untuk pendekatan Teling = 59,22 det/smp, untuk pendekatan Toar = 70,3 det/smp, untuk pendekatan Diponegoro = 257,67 det/smp, dan untuk pendekatan Tikala = 491,27 dengan tundaan rata-rata persimpangan = 97,1 det/smp sehingga didapat tingkat pelayanan kelas F (LOS F). Dengan melakukan perubahan waktu siklus $c = 177$ det, terjadi peningkatan kinerja persimpangan dilihat dari nilai DS pendekatan Teling = 0,90, pendekatan Toar = 0,90, pendekatan Diponegoro = 0,91, serta pendekatan Tikala = 0,89. Terjadi penurunan yang signifikan pada tundaan rata-rata persimpangan yang tadinya 97,1 det/smp turun menjadi 56,4 det/smp. Dengan waktu siklus alternatif terjadi perbaikan tingkat pelayanan persimpangan dari LOS F menjadi LOS E.
2. Penerapan *Area Traffic Control System* (ATCS) belum memberikan dampak pada kinerja persimpangan, hal itu dapat dilihat dari hasil derajat kejenuhan (DS) persimpangan = 0,96, dan tundaan rata-rata persimpangan = 97,1 det/smp. ATCS belum berfungsi sebagai mana yang diharapkan dapat mengurangi tundaan pada persimpangan. Hal tersebut dikarenakan ATCS yang dipasang tidak terkoordinasi dengan simpang bersinyal lainnya, serta penggunaan fitur *hold* dan *skip* fase yang minim. Kualitas perangkat ATCS serta operator dari *central control room* yang juga belum optimal berpengaruh pada kinerja ATCS itu sendiri.

Saran

Untuk meningkatkan kinerja persimpangan Jl. 14 Februari – Jl. Diponegoro maka disarankan:

1. Melakukan perubahan waktu siklus pada setiap program penyalaaan APILL yang ada, serta untuk jangka panjang melakukan perubahan geometrik dengan melakukan pelebaran jalan pada setiap pendekat
2. Menerapkan ATCS pada setiap persimpangan bersinyal di Kota Manado agar ada

pengkoordinasian yang bersinergi antar simpang bersinyal

3. Mengoptimalkan kinerja ATCS dengan cara melakukan perbaikan pada komponen-komponen ATCS. Pengoperasian software ATCS pada *central control room* juga harus dioptimalkan. Penggunaan fitur *skip* dan *hold* fasa harus lebih sering diterapkan sehingga tundaan bisa diminimalisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar. 1999. *“Rekayasa Lalu Lintas”*, Cetakan Pertama, Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Angkutan Kota, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
- Akcekluk, R. 1989. *Traffic Signals; Capacity and Timing Analysis*, Australian Road Research Board, Report No. 123, South Vermont, Victoria, Australia.
- Anita, Dwi., Paransa, M. J., Sendow, T. K., Freddy Jansen., 2013. *“Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan 17 Agustus – Jalan Babe Palar Kota Manado”*, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.5, April 2013 (350-357) ISSN: 2337-6732 Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Clarkson, O dan Hicks, G. R. 1999. *“Teknik Jalan Raya”*, Jilid IV Erlangga, Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Hobbs, F.D., 1979. *“Traffic Planning and Engineering”*, Published by Pergamon Press
- Joustin, K.C. 1990. *“Transportation Engineering and Introduction”*, Washington On State University. Prentice Hall Inc.
- Khisty C.J. dan Kent Lall. 2003. *“Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi”*, Jilid 1 dan 2. Erlangga. Jakarta
- Lumintang, Gland Y. B., Lefrandt, L. I. R., Timboeleng, J. A., 2013. *“Kinerja Lalu Lintas Persimpangan Lengan Empat Bersinyal (Studi Kasus: Persimpangan Jalan Walanda Maramis Manado)”*, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3, Februari 2013 (202-208) Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mc.Shane, W.R., Roess, R.P. 1990. *“Traffic Engineering”*, Prentice Hall, Inc, Englewood, New Jersey. Press Ltd.
- Salter, R.J. 1978. *“Highway Traffic Analysis and Design”*, Published by The Macmillan
- Tamin, Ofyar Z. 2000, *“Perencanaan dan Pemodelan Transportasi, Edisi ke-2”*, Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.
- Zegeer, C.V. dan Deen, R.C., 1978. *“Traffic Conflict as A Diagnostic Tool in Highway Safety, Transportation Research Record 667”*, Transportation Research Board, Washington, D.C, USA.