Studi Tundaan Perjalanan Kendaraan Di Simpang Bersinyal Yang Terintegrasi Dengan Palang Pintu Kereta Api

Tomi Tristono[1)]

1) Dosen Fakultas Teknik Universitas Merdeka Madiun
email : tomi_tristono@yahoo.com

Abstract

This paper talked about model of scheduling trip to vehicle traffic at a signalized intersection. There is a train track on one arm. Construct the model of schedulling trips at signalized intersection integrated with train door stop. The methods of scheduling trips transition used fuzzy logic. The result of simulation represented time scheduling trips transition model of vehicle traffic flow. The scheduling had significant time result although the jamming problem can't be solved directly. Degree of Saturation of traffic would decrease slowdown step by step at some regular cyclus after transition cyclus. Finally the degree of saturation would be limited to normal degree.

Keywoords *scheduling trip, vehicle traffic train track and intersection integrated*

PENDAHULUAN.

Penggunaan sinyal lampu lalu-lintas pada sebuah simpang memungkinkan peningkatan kapasitas secara signifikan, mengurangi kecelakaan, juga menambah tingkat keamanan dan kenyamanan bagi penyeberang jalan (Juwita, 2011).

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 pada umumnya sinyal dipergunakan untuk beberapa alasan diantaranya yaitu untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik lalu lintas, memberi kesempatan pada kendaraan lain atau pejalan kaki untuk memotong jalan utama, dan mengurangi kecelakaan lalu lintas.

Menurut Khisty dalam Juniardi (2006) simpang dapat didefinisikan sebagai dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan juga fasilitas yang berada di tepi jalan untuk pergerakan lalu-lintas yang termuat di dalamnya.

Pada simpang maka arus kendaraan yang melintas akan berpotongan pada beberapa titik konflik. Konflik akan menghambat pergerakan serta merupakan lokasi yang rawan terjadi kecelakaan. Arus kendaraan yang terjadi pada daerah konflik mempunyai permasalahan yang rumit. Setiap kendaraan yang bergerak lurus ataupun berbelok ke kiri dan juga yang bergerak ke arah kanan masing-masing menghadapi konflik yang tidak sama (Tristono, 2013)

Pada tulisan ini simpang yang dikaji tepatnya berada di timur stasiun kota Jombang. Simpang berada pada kondisi geometrik datar dan mempunyai 4 lengan atau type 422 masing-masing yaitu lengan jalan Wachid Hasyim di utara, lengan jalan Gatot Subroto di timur, lengan jalan Hasyim Asy'ari di selatan dan lengan barat yaitu jalan Basuki Rahmad. Kendaraan yang berasal dari jalan Wachid Hasyim adalah lalu – litas kendaraan dari/ ke kota Jombang. Jalan Hasyim Asy'ari menghubungkan kota Jombang dengan Pare dan Malang. Jalan Gatot Subroto adalah jalan satu arah yang mendekati simpang, kendaraan umumnya berasal dari Surabaya atau Mojokerto. Arus kendaraan pada Jalan Basuki Rahmat bergerak satu arah menjauhi simpang menuju kota – kota Kediri, Madiun, Solo dan Yogyakarta (Tristono, 2013). Arus

kendaraan bergerak kecepatan rata-rata 30km/jam - 40 km/jam.

Pada lengan bagian selatan yaitu pada ujung jalan Hasyim Asy'ari terdapat palang pintu kereta api, dimana setiap ada kereta yang melintas maka palang pintu tersebut harus ditutup sampai kereta selesai melintas. Letak palang pintu kereta api bagian utara berjarak 3 meter dari simpang. Sinyal lampu lalu-lintas terletak di selatan palang pintu kereta api.

TINJAUAN PUSTAKA.

Simpang Bersinyal.

Simpang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari jaringan jalan. Di daerah perkotaan biasanya banyak memiliki simpang, dimana pengemudi harus memutuskan untuk berjalan lurus atau berbelok dan pindah jalan untuk mencapai tujuan (Juniardi, 2006)

Menurut Putranto (2013) simpang bersinyal didefinisikan sebagai persimpangan jalan yang pergerakkan lalu-lintasnya diatur oleh lampu lalu-lintas untuk melewati pesimpangan secara bergilir. Tujuan dari penggunaan sinyal lalu-lintas adalah untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu-lintas yang datang dari arah yang saling berpotongan.

Sinyal pada pesimpangan jalan di negara kita Indonesia menggunakan tiga jenis warna utama yaitu merah, kuning dan hijau (Putranto, 2013). Adapaun makna dari ketiganya adalah sebagai berikut:

1. Merah yaitu kendaraan pada fase ini tidak diperkenankan untuk bergerak/ berjalan.
2. Kuning yaitu kendaraan jika masih memungkinkan diperkenankan untuk berjalan dan segera berhenti untuk mengosongkan persimpangan.
3. Hijau yaitu arus lalu-lintas kendaraan pada fase ini diperkenankan untuk bergerak/ berjalan.

Kapasitas Simpang & Arus Jenuh.

Menurut MKJI (1997) mendefinisikan bahwa kapasitas adalah arus lalu-lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada satu bagian jalan dan dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per jam (smp/jam).

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C = S \times g/c \qquad (1)$$

di mana:
C = Kapasitas (smp/jam)
S = Arus Jenuh (smp/jam hijau)
g = Waktu hijau (det).
C= Waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap.

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (So) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya.

$$S = So \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times FRT \times FLT \qquad (2)$$

Pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (We):

$$So = 600 \times We \qquad (3)$$

FCS = faktor koreksi ukuran kota.
FSF = faktor koreksi gangguan samping.
FG = faktor koreksi kelandaian.
FP = faktor koreksi parkir.
FRT= faktor koreksi belok kanan.
FLT= faktor koreksi belok kiri.

Derajat kejenuhan DS dapat diperoleh dari

$$DS = \frac{Q}{C} \qquad (4)$$

dengan

Q = arus lalu-lintas pada pendekat (smp/det)
C = Kapasitas (smp/jam)

Tundaan dan antrian.

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan terdiri dari Tundaan Lalu Lintas (DT) dan Tundaan Geometri (DG). DT adalah waktu menunggu yang disebabkan interaksi lalu-lintas dengan gerakan lalu-lintas yang bertentangan. DG adalah disebabkan oleh perlambatan dan percepatan kendaraan yang membelok disimpangan dan/atau yang terhenti oleh lampu merah (MKJI, 1997). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai:

$$Dj=DTj+DGj \quad (5)$$

dimana:
Dj = Tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)
DTj = Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat j (det/smp)
DGj = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

Tundaan lalu-lintas rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan dari rumus :

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (6)$$

dimana:
DTj = Tundaan lalu-lintas rata-rata pada pendekat j (det/smp)
GR = Rasio hijau (g/c)
DS = Derajat kejenuhan
C = Kapasitas (smp/jam)
NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat j dapat diperkirakan sebagai berikut

$$DGj = (1-Psv) \times PT \times 6 + (Psv \times 4) \quad (7)$$

dimana:
DGj = Tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (det/smp)
Psv = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat
PT = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Jumlah antrian yaitu jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat (kend/ smp). Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ2)

$$NQ = NQ1 + NQ2 \quad (8)$$

Sedangkan arus jenuh adalah besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau).

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times \left[(DS-1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0.5)}{C}} \right] \quad (9)$$

jika DS > 0,5; selain dari itu NQ1 = 0.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (10)$$

Dan

NQ_1 = jumlah kendaraan yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya (smp).
NQ_2 = jumlah kendaraan yang datang selama fase merah (smp).
DS = derajat kejenuhan
GR = rasio hijau

c = waktu siklus (det)
C = kapasitas (smp/jam) = (S × GR)
Q = arus lalu-lintas pendekat (smp/det).

Perhitungan angka henti (NS) adalah :

$$NS = 0.9x[NQ/(Qxc)]x3600 \quad (11)$$

Perhitungan jumlah kendaraan terhenti (Nsv)

$$Nsv=QxNS(smp/jam) \quad (12)$$

Kinerja Simpang.

Kinerja simpang dapat dilihat dari tundaan perjalanan dan kapasitas sisa persimpangan. Tundaan juga dapat mengindikasikan Indeks Tingkat Pelayanan (ITP) suatu simpang (Tamin, 2000)

Tabel 1. ITP di Simpang Bersinyal

ITP	*Tundaan (detik / kendaraan)*
A	≤ 5,0
B	5,1 – 15,0
C	15,1 – 25,0
D	25,1 – 40,0
E	40,1 – 60,0
F	≥ 60,0

Sumber : *Tamin,2000*

Logika *fuzzy.*

Teori himpunan bilangan fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 dari Universitas California. Adanya teori bilangan fuzzy secara tidak langsung mengisyaratkan bahwa tidak hanya teori probabilitas saja yang hanya dapat digunakan untuk menyajikan masalah ketakpastian, namun demikian teori bilangan fuzzy bukanlah merupakan pengganti dari teori probabilitas.

Pada teori himpunan bilangan fuzzy, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan yaitu fungsi yang merepresentasikan derajat kedekatan suatu objek terhadap atribut tertentu. Hal itu berbeda dengan teori probabilitas yang lebih mendekati pada nilai prosentasi frekwensi relatife (Kusumadewi dkk, 2006).

Sedangkan logika *fuzzy* yaitu system logika yang dikembangkan berdasarkan sifat bilangan *fuzzy* menurut Zimmermann (1990) aplikasinya dapat ditemukan dalam kecerdasan buatan, ilmu komputer, teknik kendali, teori pengambil keputusan, sistem pakar, ilmu manajemen, juga penelitian-penelitian robotika

Uji Statistik Mann - Whitney

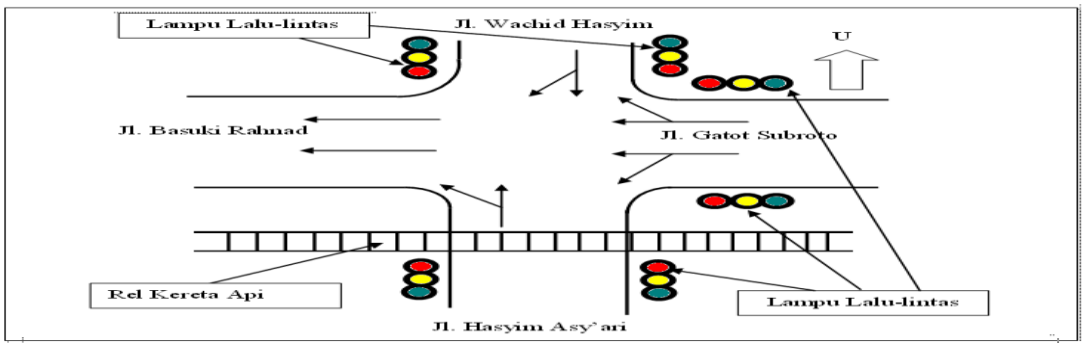
Uji statistik Mann – Whitney adalah alternatif non parametrik dengan distribusi t. (Mulyono, 2005). Pengujian ini sering disebut dengan uji U karena menggunakan distribusi statistik U.

Metode Penelitian

Adapun tahapan langkah – langkah metode penelitian untuk melaksanakan kegiatan penelitian ini yaitu :

1) Studi literatur
2) Survey awal tentang kondisi geometrik jalan lokasi simpang, kapasitas simpang, volume rata-rata arus lalu-lintas kendaraan harian, dan karakteristik arus lalu – lintas kendaraan.

3) Survey lanjutan tentang arus kendaran pada saat palang pintu kereta api ditutup dan sesaat setelah dibuka kembali.
4) Analisa Hasil survey, ekstraksi dan pengolahan data
5) Menentukan jadwal perjalanan lalu – lintas transisi.
6) Melakukan Simulasi, analisa dan validasi.
7) Membuat kesimpulan.



Gambar 1. Simpang bersinyal lokasi penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Survey dilakukan pada *week end* yaitu hari Sabtu, 16 Nopember 2013. Menurut data sensus tahun 2010 dari BPS maka jumlah penduduk Kabupaten Jombang adalah 1.201.557 jiwa yang terdiri dari 597.219 laki-laki dan 604.338 perempuan dengan pertumbuhan penduduk 0,64% per tahun.

Tabel 2. Volume Kendaraan.

Waktu Survey Jam 10.00–11.00		Kendaraan Memasuki Simpang dari Jalan (satuan mobil penumpang /smp)		
Jenis Kendaraan		Wachid Hasyim	Gatot Subroto	Hasyim Asy'ari
kendaraan ringan (LV)	Kend.Pribadi, minibus	129	593	324
	Non Bus, Angkot /MPU	35	6	35
kendaraan berat (HV)	Bus Besar	-	48.1	-
	Bus Sedang	-	35.1	-
	Truck 2 AS/ Box	31.2	120.9	14.3
	Truck 3 AS / Gandeng	-	96.2	-
Sepeda motor (MC)		246.2	118.8	249.0
Kend tak bermotor (UM) (diabaikan)		32 unit	92 unit	85 unit
Jumlah (Q)		441.4	1018.1	622.3

Sumber : data primer hasil survey.

Penjadwalan Reguler.

Siklus regular pangaturan arus kendaraan dengan lampu lalu – lintas dipaparkan pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Siklus Pengaturan Sinyal lampu Lalu-Lintas

Fase	Hijau (detik)	*Inter Green*		Merah (detik)	Siklus (detik)
		Kuning (detik)	Merah semua (detik)		
1.	29	2	2	44	75
2.	38	2	2	35	75

Sumber : data primer hasil survey.

Fase 1 adalah pengaturan untuk lalu-lintas dari Jl. Wahid Hasyim & Jl. Hasyim Asy'ari. Fase 2 adalah pengaturan untuk lalu-lintas dari Jl. Gatot Subroto.

Lengan pendekat utara mempunyai lebar lajur masuk efektif We = 4.3 m, So = 2580 smp/ jam, pendekat dari timur We = 7.8 meter dan So = 4680 smp/ jam, pendekat dari selatan We = 4.2 meter dan So = 2520 smp/ jam

. Tabel. 4. Arus Jenuh Tiap – Tiap Pendekat.

Pen-dekat	So smp/ jam	FCS	FSF	FG	FP	FRT	FLT	S smp/ jam
Utara	2580	1	0.93	1	0.76	1.04	1	1897
Timur	4680	1	0.93	1	0.76	1.04	1	3440
Selatan	2520	1	0.89	1	0.76	1.04	1	1773

Tabel. 5. Derajat Kejenuhan, Antrian & Angka Henti Normal.

Pen-dekat	C (smp /jam)	Q (smp /jam)	DS	NQ-1 (smp)	NQ-2 (smp)	NS (smp)
Utara	726.55	441.4	0.61	0.27	7.65	0.75
Timur	1742.93	1018.1	0.58	0.20	14.86	0.64
Selatan	685.56	622.3	0.91	3.93	16.18	1.12

Tabel. 6. Tundaan Perjalanan Normal.

Pen-dekat	A	Psv	PT	DT (det/ smp)	DG (det/ smp)	D (det/ smp)
Utara	0.25	0.75	0.1	19.80	3.15	22.95
Timur	0.17	0.64	0.1	13.34	2.78	16.11
Selatan	0.29	1.00	0.2	42.40	4.00	46.40

Rata – rata tundaan perjalanan total yaitu 26.62 detik/ smp, dan berada pada tingkat pelayanan level D, yaitu kondisi lalu-lintas mendekati tidak stabil.

Sesaat Kereta Api Selesai Melintas.

Rata – rata rentang interval penutupan palang pintu kereta api selama 24 jam yaitu 95.11 detik ≈ 95 detik. Selama penutupan tersebut maka lalu – lintas kendaraan yang berasal dari utara dan hendak ke selatan serta sebaliknya menjadi terhenti. Kendaraan akan diperkenankan melintasi simpang bila palang pintu telah dibuka kembali dan sinyal lampu lalu – lintas untuk fase 1 menyala hijau.

Gambar 2. Penjadwalan Perjalanan dengan KA

Pada Gambar 2, baris pertama adalah fase 1, selanjut-nya fase 2 dan penutupan palang pintu kereta api pada yang ke-tiga. Bila disimulasikan penutupan palang pintu kereta api terjadi di awal merah fase 1 maka lalu – lintas kendaraan dari/ke utara – selatan perlu menunggu 24 detik tersisa hingga tercapai 2 siklus agar dapat melintasi simpang. Warna unggu pada Gambar 2 menunjukkan palang pintu KA telah dibuka namun fase 1 masih menyala merah.

Pengukuran Tundaan pada fase 1 dapat dilakukan dengan penjadwalan baru penggabungan 2 siklus yaitu waktu hijau 29 detik dengan panjang siklus 150 detik.

NQ-2 baru = NQ-1 + 2*NQ-2

Tabel. 7. Derajat Kejenuhan, Antrian & Angka Henti Baru

Pen-dekat	C (smp /jam)	Q (smp /jam)	DS	NQ-1 (smp)	NQ-2 (smp)	NS (smp)
Utara	726.55	441.4	1.22	0.27	15.02	1.50
Timur	1742.93	1018.1	0.58	0.20	14.86	0.64
Selatan	685.56	622.3	1.82	3.93	28.43	2.25

Catatan: kendaraan yang melakukan LTOR dari timur tidak disertakan pada perhitungan.

Tabel. 8. Tundaan Perjalanan Baru.

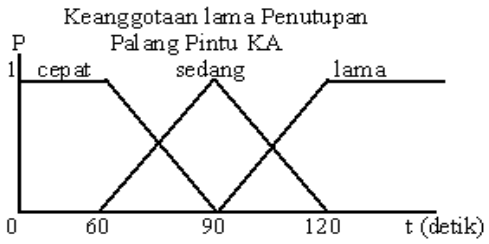
Pen-dekat	A	Psv	PT	DT (det/ smp)	DG (det/ smp)	D (det/ smp)
Utara	0.43	1.00	0.1	481.47	4.00	485.47
Timur	0.17	0.64	0.1	13.34	2.78	16.11
Selatan	0.50	1.00	0.2	1559.81	4.00	1563.81

Rata – rata tundaan perjalanan total yaitu 9 menit 38 detik/ smp, dan berada pada tingkat pelayanan F yaitu arus lalu-lintas berada dalam keadaan dipaksakan.

Simulasi Penjadwalan Transisi.

Adapun perencanaan penjadwalan perjalanan transisi menggunakan metode logika *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan fuzzy menggunakan tipe segitiga.

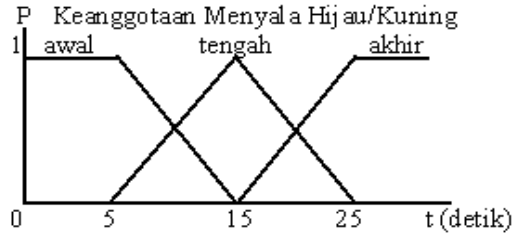
Masukan 1 : waktu Penutupan Palang pintu KA.



Gambar 3. Keanggotaan *fuzzy* Segitiga

Penutupan Palang Pintu KA.

Masukan 2 : Posisi Keadaan warna sinyal lampu lalu-lintas yang sedang menyala hijau atau kuning pada fase 1.

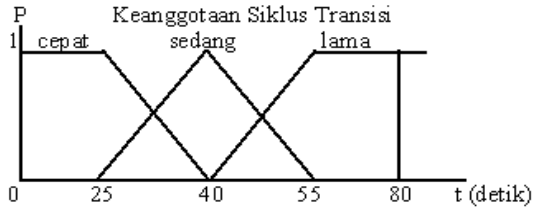


Gambar 4. Keanggotaan *fuzzy* hijau/kuning

Masukan 2 yaitu Posisi Keadaan warna sinyal lampu lalu-lintas yang sedang menyala merah pada fase 1.

Gambar 5. Keanggotaan *fuzzy* merah

Adapun waktu hijau transisi keluaran yaitu



Gambar 6. Keanggotaan Segitiga Hijau Transisi

Aturan (*rule*) yang berlaku yaitu :
(waktu Penutupan Palang pintu) & (Sinyal warna nyala lampu lalu-lintas) $\Rightarrow$ (waktu hijau transisi sesudah pembukaan palang pintu KA).

Tabel 9. Inferensi Hijau Transisi dengan Awal Penutupan Palang Pintu KA Saat fase Menyala Hijau + Kuning

Posisi Hijau & Kuning	Penutupan Palang Pintu KA		
	Cepat	Sedang	Lama
Awal	**Sedang**	**Lama**	**Lama**
Tengah	**Sedang**	**Lama**	**Lama**
Akhir	**Cepat**	**Sedang**	**Lama**

Tabel 10. Inferensi Hijau Transisi dengan Awal Penutupan Palang Pintu KA Saat fase 1 Sinyal Menyala Merah

Posisi Merah	Penutupan Palang Pintu KA		
	Cepat	Sedang	Lama
Awal	**Lama**	**Lama**	**Lama**
Tengah	**Sedang**	**Lama**	**Lama**
Akhir	**Cepat**	**Sedang**	**Lama**

Inferensi hijau transisi diperoleh dengan metoda *center of Gravity* (COG).

Simulasi.

Beberapa simulasi dilakukan dengan volume arus lalu – lintas yang sama dan kondisi awal penutupan serta lama penutupan palang pintu kereta api yang berbeda.

Siklus transisi diterapkan sesudah palang pintu kereta api dibuka kembali. Saat kereta melintas maka lampu lalu – lintas pada fase 2 menyala hijau secara terus menerus. Keadaan berubah bila kereta selesai melintas dan fase 1 langsung menyala hijau.

Tabel 11. Simulasi.

Simulasi No.	Masukkan 1	Alternatif Masukaan 2		Keluaran
	Waktu Penutupan Pintu KA (detik)	Sinyal Hijau/ Kuning detik ke	Sinyal Merah detik ke	Hijau Fase 1 (detik)
1	99	23		50
2	99		31.5	51
3	63	23		24
4	63		23	47
5	111	7		63

Simulasi 1 menyatakan terjadi penutupan palang pntu kereta api selama 99 detik, dan hal itu terjadi pada saat lampu lalu lintas fase 1 dari utara/ selatan menyala hijau pada detik yang ke 23. Hasil inferensi maka keluarannya adalah nyala hijau selama 50 detik pada fase 1.

Tabel 12. Siklus Transisi Pengaturan Sinyal lampu Lalu-Lintas

Fase	Hijau (detik)	*Inter Green*		Merah (detik)	Siklus (detik)
		Kuning (detik)	Merah semua (detik)		
Pengaturan Transisi Simulasi 1					
1.	50	2	2	44	96
2.	38	2	2	35	75
Pengaturan Transisi Simulasi 2					
1.	51	2	2	44	97
2.	38	2	2	35	75
Pengaturan Transisi Simulasi 3					

Karena 24 < 29 maka siklus tetap normal					
1.	29	2	2	44	75
2.	38	2	2	35	75
Pengaturan Transisi Simulasi 4					
1.	47	2	2	44	93
2.	38	2	2	35	75
Pengaturan Transisi Simulasi 5					
1.	63	2	2	44	109
2.	38	2	2	35	75

Sumber : data olahan

Tabel 13. Rata- rata Tundaan Perjalanan.

Simu-lasi	Tundaan dengan Jadwal Reguler (mnt/smp)	Tundaan dengan Jadwal Transisi (mnt/smp)
1	20.18	13.68
2	11.03	8.56
3.	3.80	0.83
4.	9.34	4.18
5.	101.76	75.34

Tampak pada Tabel 13. bahwa rata – rata tundaan perjalanan melebihi siklus lampu lalu – lintas meskipun perbedaan antara tundaan dengan jadwal regular dengan transisi sangat nyata. Maknanya yaitu pada simpang tersebut masih terjadi kemacetan yang parah.

Pengujian statistik dilakukan dengan uji Mann – Whitney untuk sampel kecil. Ho yaitu nilai tundaan perjalanan pada siklus regular lebih tinggi dari tundaan perjalanan pada siklus dengan transisi. Hipotesis alternatifnya atau H_1 adalah nilai tundaan perjalanan pada siklus regular kurang dari atau sama dengan tundaan perjalanan dengan siklus transisi. Tingkat signifikansi α = 5%, dengan n_1 =5 dan n_2 = 5. Nilai kritis untu *U* (0.05: 5,5) =4. U terkecil = 10 dan U terbesar = 15. Nilai yang dipergunakan untuk menguji hipotesis awal Ho yaitu U terkecil = 10. Tolak Ho jika tes statistik U kurang dari nilai kritis. Berdasarkan nilai statistic U terkecil > Nilai kritis maka nilai tundaan perjalanan pada siklus regular lebih tinggi dari tundaan perjalanan pada siklus dengan transisi.

Demi keperluan untuk mengurai kemacetan tidak dapat terjadi secara sekaligus. Derajat Kejenuhan DS turun secara bertahap sesudah siklus transisi pada fase 1 semakin mendekati DS normal dengan pengaturan lampu lalu – lintas regular. Semakin rendah volume lalu – lintas kendaraan yang melintas maka akan semakin cepat kembali pada derajat kejenuhan semula. (Asumsi : volume kendaraan yang melintas pada periode waktu tersebut tetap).

KESIMPULAN.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1) Pengaturan simpang bersinyal terjadi peningkatan yang signifikan bila lampu lalu lintas terintegrasi dengan penutupan palang pintu kereta api.
2) Kemacetan lalu lintas kendaraan karena penutupan palang pintu kereta api tidak mungkin diurai sekaligus, namun secara bertahap sesudah siklus transisi.

Ucapan terima kasih atas pembiyaan penelitian ini disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui skim penelitian Hibah Dosen Pemula tahun 2013

DAFTAR PUSTAKA

Jawa Timur , (2011), *download* dari wikipedia ensiklopedia bebas .

Juwita, F (2011), *Analisis Kerja Simpang Berlampu Lalu-lintas,* Jurnal Tapak Vol. 1, No. 1. Pagar Alam.

MJKI, (1997), "*Manual Kapasitas Jalan Indonesia* (MJKI)", Direktorat Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota, Jakarta.

Juniardi (2006), "*Analisis Arus Lalu-lintas di Simpang tak Bersinyal",* Tesis S-2 UNDIP Semarang.

Kusumadewi, S, dkk (2006). "*Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)".* Graha Ilmu. Yagyakarta.

Mulyono, S, (2005), "*Statistika untuk Ekonomi dan Bisnis"*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.

Putranto, DM, Lefrandt, Timboeleng, Lintong, (2013), "*Optimasi Kapasitas Persimpangan Bersinyal Dengan Menggunakan Metode Ihcm 1997 (Studi Kasus Persimpangan Jl.P.Tendean–Jl.Sam Ratulangi Manado)*", Jurnal Teknik Sipil Statik Volume.1 Nomor. 2, Januari 2013.

Tamin, OZ, (2000), "Perencanaan & Pemodelan Transportasi", Penerbit ITB, Bandung.

Tristono, T (2013), "Model Penjadwalan Arus Lalu-Lintas Kendaraan Di Simpang Bersinyal Dengan Palang Pintu Kereta Api Menggunakan Metode Logika Fuzzy" Proceding *The 16th FSTPT International Symposium, UMS Surakarta, 1 – 3 Nov 2013*

Zimmermann, (1990), "*Fuzzy Set theory and Its Applications"*, Cluwer Academic Publishers", Norwel, Massachusetts, USA.