

REKAYASA LALU LINTAS SIMPANG TIGA TAK BERSINYAL DI JALAN PERINTIS KEMERDEKAAN DAN JALAN GAJAH MADA BANDAR LAMPUNG

Alexander Damira Al-fathoni*¹, Dwi Herianto, Tas'an Junaedi³, Putri Ofrial⁴

Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedungmeneng, Bandar Lampung, 35154

Informasi Artikel

Kata Kunci:

Tundaan, Simping Tak Bersinyal, Kapasitas, Derajat Kejenuhan.

* Penulis Korespondensi.

Alexander Damira Al-fathoni

Alamat E-mail:

damiraalexander@gmail.com

Abstrak

Simpang tiga pada Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan merupakan salah satu simpang yang berada pada Kota Bandar Lampung. dapat mengakibatkan penumpukan kendaraan, antrian dan tundaan yang memungkinkan dan mempengaruhi kinerja lalu lintas pada simpang tiga Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua metode yang pertama adalah menggunakan metode MKJI 1997 dan menggunakan analisis *software vissim*. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis kinerja lalu lintas pada simpang tiga tak bersinyal jalan Gajah Mada dan jalan Perintis Kemerdekaan dan untuk memberikan rekomendasi teknis agar dapat mengurangi kemacetan yang terjadi pada simpang tiga tak bersinyal. nilai tundaan simpang sebesar 13 det/smp. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa tingkat pelayanan jalan perkotaan untuk simpang tiga tak bersinyal jalan Gajah Mada dan jalan Perintis Kemerdekaan berada pada tingkat pelayanan B namun adanya aktivitas hambatan samping yang tinggi yang menyebabkan terjadinya kemacetan pada simpang tiga jalan Gajah Mada dan jalan Perintis Kemerdekaan.

1. Pendahuluan

Permasalahan lalu lintas pada simpang tak bersinyal relatif lebih banyak dan lebih kompleks dibandingkan dengan simpang bersinyal. Salah satunya adalah simpang tiga Jl. Gajah mada dan Jl. Perintis Kemerdekaan yang merupakan salah satu jalan utama yang berada di kota Bandar Lampung yang dimana jalan ini memiliki kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi dan akan bertambah padat seiring meningkatnya pertumbuhan kendaraan.

Fenomena kemacetan yang saat ini terjadi pada beberapa ruas jalan ataupun kawasan di Kota Bandar Lampung, salah satu lokasi rawan kemacetan yang saat ini terjadi di Kota Bandar Lampung berada di Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan. Kondisi tersebut terjadi dikarenakan penggunaan ruas jalan secara bersamaan oleh karwayan, siswa sekolah dan bersamaan dengan melintasnya kereta api yang membuat tundaan pada simpang itu semakin besar yang membuat kondisi simpang menjadi jenuh.

Salah satu faktor permasalahan yang terjadi di simpang tiga Jl. Gajah Mada adalah banyaknya kendaraan yang keluar masuk di lokasi sekitar untuk mengantar atau menjemput siswa siswi yang bersekolah di BPK Penabur Bandar Lampung dan berhentinya kendaraan umum seperti angkot di bahu jalan untuk menurunkan penumpang dan melintasnya kereta api yang membuat arus lalu lintas menjadi terkunci. Maka dari itu perlu dilakukan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas pada simpang tiga Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah salah satu cara atau metode peneliti untuk bekerja agar mendapatkan data apa yang diperlukan yang kemudian akan digunakan untuk dianalisa sehingga peneliti dapat memperoleh suatu kesimpulan yang diinginkan dalam penelitian. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini perlu diarahkan melalui survei lapangan guna mendapatkan data primer.

2.1 Data Primer

Data primer adalah data sebenarnya yang didapatkan atau diambil secara langsung dilapangan, salah satu cara nya adalah dengan melakukan survei diantaranya :

- Mengambil data volume kendaraan, survei dilakukan di simpang tiga Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan
- Data kecepatan kendaraan
- Lebar jalan, lebar median jalan dan lebar bahu jalan.

2.2 Data Sekunder

Adapun data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini adalah jumlah penduduk kota Bandar Lampung guna menghitung kapasitas Jalan Perintis Kemerdekaan.

Dari survei volume lalu lintas yang telah diambil, dan dari data yang diperoleh pada simpang di jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan, pengolahan data yang dapat dilakukan adalah, perhitungan kapasitas, volume, derajat kejenuhan, perkotaan dan kapasitas, tundaan, peluang antrian dan simpang tak bersinyal.

Menurut MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) tahun 1997 tentang jalan perkotaan dari data yang didapatkan tersebut maka dilakukan perhitungan :

- Kapasitas (C)
- Volume lalu lintas (Q)
- Derajat kejenuhan (DS)

Adapun untuk perhitungan simpang tak bersinyal menurut MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) tahun 1997 tentang simpang tak bersinyal setelah data diperoleh maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- 1) Kapasitas (C)
- 2) Tundaan lalu lintas rata-rata untuk seluruh simpang (D_{TI})
- 3) Tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA})
- 4) Tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI})
- 5) Tundaan geometrik simpang
- 6) Tundaan simpang
- 7) Peluang antrian

Analisa data survei volume kendaraan dan data Kendaraan yang melintas pada simpang tiga tak bersinyal Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan terhadap derajat kejenuhan, tundaan, peluan antrian dan kemudian dapat dilihat dari tabel tingkat pelayanan sebagai parameter pengaruh mobilisasi kendaraan terhadap kinerja jalan Perintis Kemerdekaan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil survei dan analisis data yang dilakukan pada Jalan Perintis Kemerdekaan menggunakan metode pendekatan simpang tak bersinyal didapatkan hasil sebagai berikut.

3.1. Kapasitas Jalan

Dari geometrik jalan tersebut kapasitas jalan dapat diketahui menggunakan persamaan (1) dari arah Jalan Perintis Kemerdekaan adalah sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs}$$

$$C = 2900 \times 1,14 \times 1 \times 0,79 \times 1$$

$$C = 2612 \text{ smp/jam}$$

Didapatkan nilai kapasitas jalan per lajur adalah 2612 smp/jam.

Dari data survei volume kendaraan yang dilakukan kemudian semua kendaraan dijadikan kedalam satuan mobil penumpang agar dimensi semua kendaraan menjadi sama dan bisa dijumlahkan dengan mengalikan dengan mengalikan dengan emp masing-masing kendaraan, yang kemudian di tabel kan per 1 jam dibawah ini :

Table 1. Satuan mobil penumpang per 1 jam dari arah Jalan Perintis Kemerdekaan Menuju Jalan Gajah Mada

No	Waktu	(MC)		(LV)				(HV)				Jumlah smp/jam		
		Motor		M pribadi		MPU		Pick up		Bus			Truk	
		kend	Smp	kend	Smp	kend	Smp	kend	Smp	kend	Smp		kend	Smp
1	06.00-07.00	561	140,2	254	254	13	13	5	5	0	0	0	0	412,5
2	07.00-08.00	950	237,5	311	311	9	9	4	4	0	0	0	0	561,5

Pada tabel diatas didapatkan jumlah satuan mobil penumpang dari arah Perintis Kemerdekaan ke Gajah Mada terbesar didapatkan arus terbesar yaitu pada pukul 07.00-08.00 yaitu sebesar 561,5 smp/jam.

1. Derajat Kejenuhan

Mencari derajat kejenuhan dari nilai terbesar arus lalu lintas (Q) dengan menggunakan persamaan seperti tabel dibawah ini.

Tabel 3. Nilai derajat kejenuhan

Dari	C (smp/jam)	Q (smp/jam)	DS = Q/C
Perintis Kemerdekaan	2621	561	0,2

2. Perhitungan Hambatan samping

Perhitungan hambatan samping digunakan untuk menentukan kelas hambatan samping.

Tabel 4. Hasil survey Hambatan Samping

No	Jenis Aktivitas	Jumlah
1	Pejalan Kaki (PED)	112
2	Parkir Kendaraan Berhenti (PSV)	80
3	Kendaraan Keluar Masuk (EEV)	248
4	Kendaraan Lambat	561

Setelah dilakukan pengolahan dari data hambatan samping yang telah didapat, yaitu mengalikan hasil total kejadian tiap hambatan samping per jam dengan koefisien tiap kejadian hambatan samping (kendaraan parkir = 1, kendaraan lambat = 0,4, pejalan kaki = 0,5 dan kendaraan keluar + masuk = 0,7) maka di dapatkan uraian :Hambatan samping = $(112 \times 0,5)/3 + (80 \times 1)/3 + (248 \times 0,7)/3 + (561 \times 0,4)/3 = 534$ SF/jam

Setelah mendapatkan total hambatan samping, didapatkan bahwa pada pengamatan jalan perintis kemerdekaan kelas hambatan samping termasuk dalam kelas hambatan samping yang tinggi (H) yaitu nilai total kejadian mencapai > 500 per jam.

3. Perhitungan Kecepatan Kendaraan Ringan

Perhitungan kecepatan kendaraan ringan digunakan untuk menentukan karakteristik tingkat pelayanan jalan.

Tabel 5. Hasil survey kecepatan mobil pribadi arah Perintis Kemerdekaan Ke Gajah Mada

No	Jenis Kendaraan	Jarak	Waktu (detik)	Kecepatan (km/jam)
1	Mobil Pribadi	0,1 km	11,6	31
2	Mobil Pribadi	0,1 km	10,4	34,5
3	Mobil Pribadi	0,1 km	10,2	35,1
4	Mobil Pribadi	0,1 km	11,2	32
5	Mobil Pribadi	0,1 km	9,5	37,7
Rata-Rata kecepatan Kendaraan				34,06

Rata - rata kecepatan kendaraan ringan dari arah Perintis Kemerdekaan ke Gajah Mada yang didapatkan adalah 34,06 km. Survei dilakukan pada pukul 14.10 WIB

Tabel 6. Tingkat Pelayanan berdasarkan kecepatan kendaraan ringan

Tingkat Pelayanan	Kecepatan LV (Km/jam)
A	> 80
B	60-70
C	50-60
D	30-50
E	10-30
F	0-30

Dari tabel diatas dapat dilihat tingkat pelayanan berdasarkan kecepatan kendaraan ringan pada Jalan Perintis Kemerdekaan berada pada tingkat D.

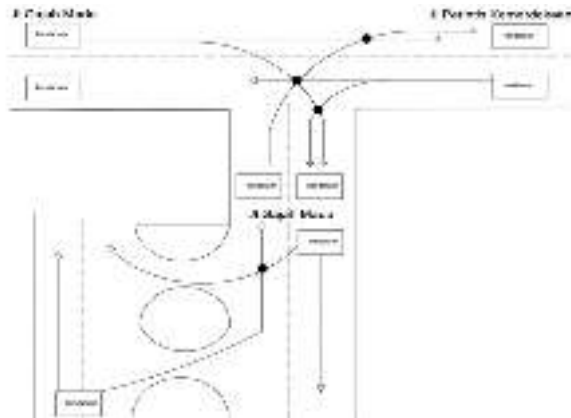
3.2. Simpang Tak Bersinyal

Perhitungan simpang tak bersinyal dilakukan untuk menghitung kendaraan yang melintasi simpang Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis

Tabel 7. Arah pergerakan kendaraan pada simpang

Waktu	(MC) Emp 0,5						(LV) Emp= 1						(HV) Emp= 1,3				Kend	Jumlah (Smp/jam)		
	↙	→	↗	↘	←	↖	↙	→	↗	↘	←	↖	↙	→	↗	↘			←	↖
14.00-15.00	567	371	555	1044	190	2	202	130	100	270	82	0	2	0	0	2	0	0	3517	2153,3
15.00-16.00	679	712	712	1161	271	0	262	192	214	304	122	0	0	0	1	1	0	0	4620	2858,4

Keterangan :



Tabel 8. Satuan mobil penumpang untuk kondisi eksisting pada pintu masuk

Komposisi lalu lintas		LV		HV		MC		Faktor-smp		Faktor-K
Arus lalu lintas	Arah	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat		Sepeda Motor		Kendaraan bermotor total MV		
Pendekat		Kend/jam	emp	Kend/jam	emp	Kend/jam	emp	Kend/jam	Smp/jam	Rasio Belok
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jl. Utama A (Jl.Gajah Mada)	LT									
	ST	130	130	0	0	701	350,5	831	480,5	
	RT	679	679	0	0	679	339,5	1358	1018,5	0.0679
	Total	809	809	0	0	1380	690	2189	1499	
Jl. Utama B (Jl.Perintis Kemerdekaan)	LT	304	304	1	1,3	1161	580,5	1466	885,7	0.775
	ST	122	122	0	0	271	135,5	393	257,5	
	RT									
	Total	426	426	1	1,3	1432	716	1859	1143,3	
Jumlah Jl Utama Total A + B		1235	1235	1	1,3	2812	1406	4048	2642	
Jl. Minor (Pintu masuk)	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
	ST	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RT	214	0	1	1,3	712	356	927	571,3	1.00
	Total	214	214	1	1,3	712	356	927	571,3	
Jumlah Jl Minor Total		214	214	1	1,3	712	356	927	571,3	
Jl. Utama + Jl. Minor	LT	304	204	1	1,3	1161	580,5	1466	885,7	0.276
	ST	252	252	0	0	972	486	1224	738	

	RT	893	893	1	1,2	1391	695,5	2285	1589,8	0.495
	Total	1449	1449	2	2,5	3524	1762	4975	3213,5	0.770
RASIO JALAN MINOR PMI									0.1778	

1. Kapasitas Dasar

Perhitungan kapasitas dasar simpang tak bersinyal, menggunakan persamaan seperti dibawah ini
 $C = C_o \times F_w \times F_m \times F_{cs} \times F_{rsu} \times F_{lt} \times F_{rt} \times F_{mi}$

Tabel 10. Data Nilai Koefisien Simpang Tak Bersinyal pada pintu masuk

No	Faktor analisis	Uraian	Nilai
1	Kapasitas Dasar smp/jam	IT 322	2700
2	Faktor pendekat rata-rata (Fw)	$0,73+(0,76 \times W1)$	0,94
3	Faktor median jalan utama (Fm)	Tanpa Median	1
4	Faktor ukuran kota	Besar	1
5	Faktor hambatan samping (Frsu)	RE Komersial SF Tinggi	0,93
6	Faktor belok kiri (Flt) Plt = 27,6%	$0,84 + 1,61(P_{LT})$ $0,84 + 1,61(0,276)$ (Kondisi eksisting)	1,28
7	Faktor Belok Kanan (FRT) PRT = 49,5 %	$1,09 - 0,922 P_{RT}$ $1,09 - 0,922 (0,045)$ (Kondisi eksisting)	1,55
8	Faktor penyesuaian rasio arus simpang (Fmi) PMI = 3,27 %	$1,09 - 0,922 P_{RT}$ $1,09 - 0,922 (0,045)$ (Kondisi eksisting)	1,016

Dari data diatas maka kapasitas simpang didapatkan

Tabel 12. Perhitungan Kapasitas Simpang Tak Bersinyal didapatkan

No	Lokasi	Co	Fw	Fm	Fcs	Frsu	Frt	Flt	Fmi	C (smp/jam)
1	Simpang	2700	0,94	1	1	0,93	1,28	1,55	1,016	4757,8

2. Derajat Kejenuhan

Dari hasil perhitungan kapasitas simpang tak bersinyal derajat kejenuhan dapat dicari menggunakan persamaan (5) dibawah ini

$$DS = Q/C$$

Maka didapat hasil pada tabel berikut :

Tabel 13. Nilai derajat kejenuhan simpang tak bersinyal

Lokasi	C (smp/jam)	Q (smp/jam)	DS = Q/C
Simpang	4757,8	3231,5	0,67

3. Tundaan

- Perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata pada simpang (DTi) dapat dicari pada persamaan (6) :
Untuk $DS > 0,6$

$$DTi = \frac{1,054}{(0,2742 - (0,2402 \times DS))} - [(1 - DS) \times 2]$$

$$DTi \text{ pintu masuk} = \frac{1,054}{(0,2742 - (0,2402 \times 0,67))} - [(1 - 0,67) \times 2]$$

$$= 8,64 \text{ det/smp}$$

- Perhitungan tundaan lalu lintas jalan utama (DTMA) dapat dicari menggunakan persamaan (8) :
Untuk $DS < 0,6$

$$D_{TMA} = \frac{1,05034}{(0,346 - (0,246 \times DS))} - [(1 - DS) \times 1,8]$$

$$D_{TMA} \text{ Simpang} = \frac{1,05034}{(0,346 - (0,246 \times 0,67))} - [(1 - 0,67) \times 1,8]$$

$$= 5,2302 \text{ det/smp}$$

- Perhitungan tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}) dapat dicari menggunakan persamaan (10) :

$$DT_{MI} = \frac{(Q_{TOT} \times DT_i) - (Q_{MA} \times DT_{MA})}{Q_{MI}}$$

$$DT_{MI} \text{ Simpang} = \frac{(3213,5 \times 8,64) - (264,2 \times 5,23)}{571,3}$$

$$= 46,18 \text{ det/smp}$$

- Perhitungan tundaan geometrik simpang (DG) dapat dicari menggunakan persamaan (11)

$$DG = (1 - DS) \times (PT \times 6 + (1 - PT) \times 3) + DS \times 4$$

$$DG \text{ Simpang} = (1 - 0,67) \times (0,770 \times 6 + (1 - 0,770) \times 3) + 0,67 \times 4$$

$$= 4,4 \text{ det/smp}$$

- Perhitungan tundaan simpang (D) menggunakan persamaan (12)

$$D = DG + DT_i$$

$$D \text{ Simpang} = 4,4 + 8,6$$

$$= 13 \text{ det/smp}$$

- Selanjutnya ialah mencari peluang antrian dengan menggunakan persamaan (13,14)

Batas atas :

$$QP_a = (47,71 \times DS) - (24,58 \times DS^2) + (56,47 \times DS^3)$$

$$QP_a \text{ Simpang} = (47,71 \times 0,67) - (24,58 \times 0,67^2) + (56,47 \times 0,67^3)$$

$$= 37,9 \%$$

Batas bawah ;

$$QP_b = (9,02 \times DS) + (20,66 \times DS^2) + (10,49 \times DS^3)$$

$$QP_b \text{ Simpang} = (9,02 \times 0,67) + (20,66 \times 0,67^2) + (10,49 \times 0,67^3)$$

$$= 18,4 \%$$

Tabel 14. Perhitungan Kapasitas Simpang Tak Bersinyal

No	Lokasi	DS	DT _i det/smp	DT _{MA} det/smp	DT _{MI} det/smp	DG det/smp	D det/smp	QP _a %	QP _b %
1	Simpang	0,67	8,6	5,23	46,18	4,4	13	37,9	18,4

3.3 Rekayasa Simpang Menggunakan Software VISSIM.

Pemodelan ini menggunakan *software* VISSIM (*student version*). *software* ini memiliki perbedaan dengan versi berbayar, perbedaannya terdapat pada cakupan wilayah 1km² dan proses simulasinya hanya berdurasi 10 menit. Rekayasa yang dilakukan dalam pemodelan menggunakan *software* VISSIM ini adalah dengan menambahkan median pada simpang guna menghilangkan konflik perpotongan kendaraan pada simpang dan mengurangi tundaan pada simpang.

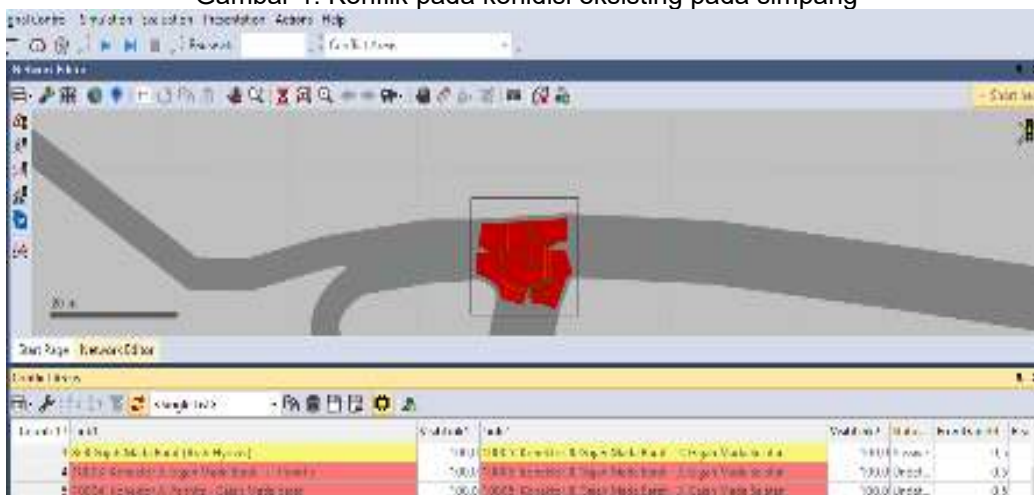
Tabel 15. Kinerja ruas jalan eksisting pada simpang

Ruas Jalan	Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
Jl.Gajah Mada Barat	18,81
Jl.Gajah Mada Selatan	40,92
Jl.Perintis Kemerdekaan	40,48

Tabel 4.19 Kinerja pada simpang kondisi eksisting

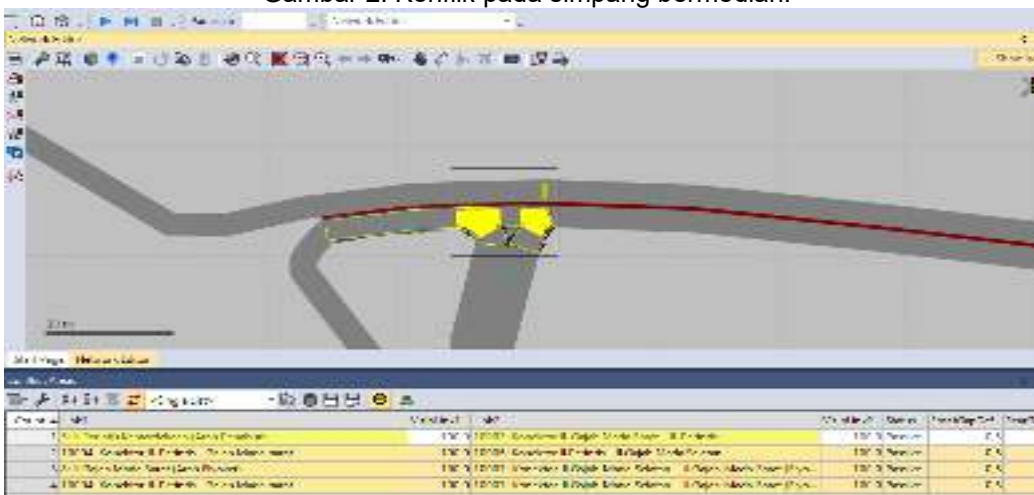
Ruas Jalan	Tundaan Rata-Rata(km/jam)
Jl.Gajah Mada Barat	29,25
Jl.Gajah Mada Selatan	0,51
Jl.Perintis Kemerdekaan	1,02

Gambar 1. Konflik pada kondisi eksisting pada simpang



Solusi yang diberikan adalah rekayasa simpang dengan menggunakan penambahan median yang didapatkan hasil sebagai berikut

Gambar 2. Konflik pada simpang bermedian.



Tabel 4.19 Kinerja pada simpang dengan median

Ruas Jalan	Tundaan Rata-Rata(km/jam)
Jl.Gajah Mada Barat	2,16
Jl.Gajah Mada Selatan	0,16
Jl.Perintis Kemerdekaan	0,92

Tabel 4.21 Kinerja ruas jalan pada simpang dengan median

Ruas Jalan	Kecepatan Rata-Rata(km/jam)
Jl.Gajah Mada Barat	38,24
Jl.Gajah Mada Selatan	43,42
Jl.Perintis Kemerdekaan	37,46

Dari data yang diatas dapat dilihat bahwa penambahan median mengurangi tundaan pada simpang dan peningkatan kecepatan berkendara pada jalan di ruas simpang serta menghilangkan titik konflik perpotongan kendaraan pada simpang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik tingkat pelayanan jalan perkotaan pada jam sibuk yaitu pada jam 07.00-08.00 untuk Jalan perintis kemerdekaan berda pada tingkat layanan D yaitu arus kendaraan tertahan dan macet dengan kecepatan rata-rata 34,06 Km/jam
2. Nilai tundaan berhenti simpang tak bersinyal pada jam sibuk yaitu pada jam 07.00-08.00 adalah sebesar 13det/smp,yang dimana menurut PM No 96 tahun 2015 termasuk pada tingkat B karena rentan tundaan berada pada 5-15 det/smp.
3. Pengaruh aktivitas kendaraan pada simpang tiga tak bersinyal Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan termasuk masih dalam kondisi sedang.Dikarenakan derajat kejenuhan pada simpang yaitu sebesar 0,67.
4. Pengaruh aktivitas hambatan samping pada simpang tiga tak bersinyal Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan seperti naik/turunnya penumpang di sisi jalan di saat waktu puncak volume lalu lintas yang dilanjutkan dengan beberapa kendaraan tersebut langsung melakukan putar balik menyebabkan konflik perpotongan pada simpang yang membuat kemacetan pada simpang.
5. Penyebab Kemacetan yang terjadi pada simpang tiga Jalan Gajah Mada dan Jalan Perintis Kemerdekaan adalah faktor hambatan samping yang tinggi pada Jalan Perintis Kemerdekaan yang mempengaruhi kinerja pada simpang.
6. Rekayasa pada simpang tiga tak bersinyal Jl.Gajah Mada dan Jl.Perintis kemerdekaan menggunakan *Software* VISSIM dengan penambahan median pada simpang dapat mengurangi tundaan yang terjadi pada simpang dan mengurangi titik area konflik kendaraan pada simpang.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah menjadi wadah bagi para peneliti untuk mengembangkan penelitian jurnal ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang besar bagi kemajuan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Referensi

- [1] Anonim 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*, Direktorat Jendral Bina Marga Derpartemen Pekerjaan Umum.
- [2] Perhubungan, M. (2015). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas. *Menteri Perhubungan. Jakarta*.
- [3] Nugroho, Untoro, and Ganang Cucu Dwiatmaja. "Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Bantuan Perangkat Lunak Vissim Student Version." *Jurnal Teknik Sipil* 16.1 (2020): 54-74.
- [4] Widada, T., & Rahayudi, B. (2005). *Analisis Kinerja Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Tiga Jalan Solo Km 13)*.
- [5] Wohl, M., & Martin, B. V. (1967). *Traffic system analysis for engineers and planners*.