

## Analisis Kapasitas Dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Palima

Arief Budiman<sup>1)</sup>, Dwi Esti Intari<sup>2)</sup>, dan Lestari Sianturi<sup>3)</sup>  
 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
 Jl. Jendral Sudirman Km. 3 Kota Cilegon Banten Indonesia  
[Lestarisianturi20@gmail.com](mailto:Lestarisianturi20@gmail.com)

### INTISARI

Simpang Palima adalah simpang dengan empat lengan yang dilengkapi dengan sinyal lampu lalu lintas. Simpang yang terletak di Kota Serang, Banten ini menghubungkan antara Jalan Raya Serang – Pandeglang, Jalan Raya Palka, dan Jalan Syekh Moh. Albantani.

Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisis berapa besar kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal di Simpang Palima, mengetahui faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi kapasitas simpang bersinyal, dan mengetahui bagaimana alternatif pemecahan masalah pada kinerja Simpang Palima tersebut. Penelitian simpang bersinyal ini menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa kapasitas Simpang Palima pada pendekatan utara yaitu sebesar 803 smp/jam, pendekatan Selatan yaitu 1087 smp/jam, pendekatan Barat yaitu 369 smp/jam, dan pendekatan Timur yaitu 826 smp/jam. Berdasarkan hasil penelitian pada Simpang Palima dapat diketahui bahwa simpang mendekati jenuh dikarenakan pada pendekatan Utara menghasilkan derajat kejenuhan ( $ds$ ) sebesar 0,96 ( $ds > 0,75$  ; jenuh), sedangkan pendekatan Selatan, Barat dan Timur menghasilkan derajat kejenuhan ( $ds$ ) masing – masing sebesar 0,52, 0,21, 0,31 ( $ds < 0,75$  ; tidak jenuh). Panjang antrian tertinggi 97 m, besar nilai angka henti seluruh pada simpang adalah 0,75 stop/smp, dan tundaan rata – rata simpang yang dihasilkan adalah 41,96 det/smp dan masuk tingkat pelayanan simpang (LOS) dengan tingkat E (40 – 60 det/smp). Untuk meningkatkan kinerja Simpang Palima dilakukan alternatif perbaikan jangka pendek dengan melakukan koordinasi lampu hijau dimana hasil derajat kejenuhan yang dihasilkan untuk pendekatan Utara = 0,37, pendekatan Selatan = 0,25, pendekatan Barat = 0,14, dan pendekatan Timur = 0,21. Tingkat pelayanan simpang meningkat menjadi B (5 – 15 detik).

**Kata Kunci** : Derajat kejenuhan, kapasitas, panjang antrian, simpang bersinyal, tundaan

### ABSTRACT

*Palima intersection is an intersection with four directions which is completed by traffic light signals. This intersection is located in Serang, Banten. It connects some highways such as Serang – Pandeglang highway, Palka highway and Syekh Moh. Albantani highway.*

*The purpose of this research is to analyze how much the capacity and performance levels of signalized intersection at the Palima intersection, to know the factors that influence the capacity of signalized intersection and to know what the problem solving to the performance of Palima intersection. This signalized intersection research uses Indonesian Highway Capacity Manual 1997 method.*

*Based on the result of research, it is known that the capacity of Palima intersection in North approach produce 803 smp/jam, South approach is 1087 smp/jam, West approach is 369 smp/jam, and East approach is 826 smp/jam. Based on the result of research on the intersection can be seen that the intersection is close to saturation. It is because in North approach produce the degree of saturation ( $ds$ ) of 0.96 ( $ds > 0.75$  ; saturation), while on South, West and East approach produces the degree of saturation ( $ds$ ) respectively of 0.25, 0.21, 0.31 ( $ds < 0.75$  ; not saturation). The highest queues length is 97m, great value the whole intersection stopping rate is 0.75 stop/smp, and the average intersection delay produced was 41.96 det/smp dan entered the intersection level of service (LOS) with the level E (40 – 60 det/smp). To improve the performance of Palima intersection is done repairing alternative by doing green light coordinated where the result of degree of saturation created for North approach = 0.37, South approach = 0.25, West approach = 0.14 and East approach = 0.21. The intersection intersection level of service (LOS) creates to become B (5 – 15 seconds).*

**Keywords** : Degree of saturation, capacity, queue length, signalized intersection, delay

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan sarana transportasi yang jauh lebih cepat dibandingkan pertumbuhan prasarana jalan, menyebabkan gangguan terhadap arus lalu lintas sehingga terjadi kemacetan terutama jika tidak adanya pengaturan – pengaturan yang efektif. Agar kegiatan transportasi pada khususnya di jalan raya dapat berjalan dengan lancar, perlu pembangunan prasarana jalan baik dari segi kualitas dan kuantitasnya diimbangi dengan pengaturan yang tepat.

Simpang didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau persimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas didalamnya (AASHTO, 2011). Karena dua ruas jalan atau lebih bergabung maka simpang merupakan tempat terjadinya titik konflik dan tempat kemacetan, sehingga hampir semua simpang terutama di perkotaan membutuhkan pengaturan. Pengaturan dengan menggunakan lampu lalu lintas termasuk yang paling efektif terutama jika volume lalu lintas pada waktu yang berbeda – beda.

Pada umumnya persimpangan jalan, khususnya di jalan utama harus melayani arus lalu lintas yang cukup besar, karena banyak kendaraan diruas jalan memasuki dan meninggalkan jalan tersebut. Persimpangan jalan harus mampu beroperasi secara maksimal. Kurang lancarnya bagian ini akan menyebabkan sistem transportasi menjadi kurang efektif dan kurang efisien. Namun hal ini tidaklah sederhana, karena dalam sistem transportasi jalan raya melibatkan tiga unsur utama, yaitu : manusia, sarana transportasi, dan prasarana transportasi. Jalan merupakan prasarana transportasi yang paling menonjol dibandingkan dengan prasarana transportasi lainnya seperti (udara, rel dan sungai).

Simpang Palima adalah simpang dengan empat lengan yang dilengkapi dengan sinyal lampu lalu lintas. Simpang yang terletak di kota Serang, Banten ini menghubungkan antara Jalan Raya Serang – Pandeglang, Jalan Raya

Palka, dan Jalan Syekh Moh. Albantani. Pada daerah persimpangan ini terdapat perkantoran dan Kawasan Pusat Pemerintahan Provinsi Banten sehingga menimbulkan arus lalu lintas yang cukup padat. Oleh karena itu pada persimpangan ini, salah satu ruas jalannya yaitu jalan raya Pandeglang rencananya akan dibuat jalur alternatif yang menghubungkan jalan raya Pandeglang sampai dengan jalan raya Petir, fungsi jalur alternatif ini untuk mengurangi kepadatan jalan simpang Palima yang bukan hanya dipadati kendaraan pribadi dan kendaraan umum saja tetapi juga dipadati oleh kendaraan – kendaraan besar.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal di Simpang Palima, mengetahui faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi kapasitas simpang, dan mengetahui bagaimana alternatif pemecahan masalah pada kinerja Simpang Palima.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), simpang adalah Dua buah ruas jalan atau lebih yang saling bertemu, saling berpotongan atau bersilangan disebut dengan persimpangan (*intersection*).

### Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997)

#### 1. Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar ( $S_0$ ) yaitu besarnya keberangkatan antrian dalam pendekatan selama kondisi ideal (smp/jam hijau).

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

#### 2. Arus Jenuh

Arus jenuh yang disesuaikan ( $S$ ) yaitu besarnya keberangkatan antrian dalam pendekatan selama kondisi tertentu setelah disesuaikan dengan kondisi persimpangan (smp/jam hijau).

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Dimana :

- $F_{CS}$  = Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
- $F_{SF}$  = Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan tak bermotor
- $F_G$  = Faktor Penyesuaian Kelandaian
- $F_P$  = Faktor Penyesuaian Parkir
- $F_{LT}$  = Faktor penyesuaian belok kiri
- $F_{RT}$  = Faktor Penyesuaian Belok Kanan

**3. Waktu siklus**

Waktu siklus adalah urutan lengkap dari indikasi sinyal (antara dua saat permulaan hijau yang berurutan didalam pendekat yang sama).

- a. Waktu siklus sebelum penyesuaian
 
$$c_{ua} = \frac{1,5 \times LTI + 5}{1 - IFR}$$
- b. Waktu Hijau
 
$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR_i$$
- c. waktu siklus yang disesuaikan  
Waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung dengan rumus :  
$$c = \sum g + LTI$$

**4. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan**

Kapasitas (C) adalah jumlah lalu lintas maksimum yang dapat ditampung oleh suatu pendekat dalam waktu tertentu.

kapasitas untuk masing – masing pendekat adalah :

$$C = S \times \frac{g}{c}$$

Nilai kapasitas dipakai untuk menghitung derajat kejenuhan (DS) masing – masing pendekat.

$$ds = \frac{Q}{C}$$

**5. Tingkat Kinerja**

**a. Panjang Antrian**

Jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ1) dihitung berdasarkan nilai derajat kejenuhan dengan menggunakan rumus berikut :

- Untuk  $DS > 0,5$ 

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times [(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + (3 \times \frac{DS - 0,5}{c})}]$$
- Untuk  $DS \leq 0,5$   
$$NQ_1 = 0$$

Jumlah antrian yang datang selama fase merah (NQ2) dihitung dengan rumus :

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

Jumlah antrian kendaraan secara keseluruhan adalah :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Untuk menentukan NQmax dapat dicari dari grafik dengan menghubungkan nilai NQ dan probabilitas  $P_{OL}$  (%). Untuk perencanaan dan desaiian disarankan nilai  $P_{OL} < 5\%$  sedangkan untuk operasional disarankan 5 – 10%. Sehingga Panjang antrian (QL) didapat dengan rumus dibawah ini.

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{masuk}}$$

**b. Kendaraan Terhenti**

Angka Henti (NS) untuk masing-masing pendekat yang didefinisikan jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) yang nilainya dapat dihitung dengan rumus :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Jumlah kendaraan terhenti (NSV) untuk masing-masing pendekat dihitung dengan rumus :

$$NSV = Q \times NS$$

Selanjutnya angka henti rata-rata untuk seluruh simpang (NSTOT). Dihitung dengan rumus :

$$NS_{TOT} = \frac{\sum NSV}{Q_{TOT}}$$

**c. Tundaan**

Tundaan lalu lintas rata-rata adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas lainnya pada suatu simpang yang nilainya dapat dihitung dengan rumus :

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

$$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times DS)}$$

Tundaan geometri rata-rata adalah tundaan yang disebabkan oleh percepatan atau perlambatan kendaraan yang membelok di persimpangan dan atau yang terhenti di lampu merah yang nilainya dapat dihitung dengan rumus :

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

Tundaan rata-rata merupakan jumlah dari tundaan lalu lintas rata – rata (DT) dan tundaan geometri rata-rata (DG).

$$D = DT + DG$$

Tundaan total (smp.det) adalah perkalian antara tundaan rata – rata dengan arus lalu lintas

$$D_{total} = D \times Q$$

Tundaan rata-rata simpang ( $D_i$ )

$$D_i = \frac{\sum D_{total}}{Q_{total}}$$

**6. Analisa Pertumbuhan Lalu Lintas**

Perhitungan pertumbuhan lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan metode geometrik. Dimana metode geometrik sendiri adalah analisa yang digunakan untuk memperkirakan jumlah masing-masing data tersebut pada tahun x tahun mendatang (Tahun ke-x). Adapun bentuk persamaannya sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Pertumbuhan lalu lintas bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah:

- a. Jumlah Penduduk
- b. Jumlah Kepemilikan Kendaraan

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

Jenis data yang diperlukan ada dua jenis yaitu :

a. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan atau pencatatan secara langsung di lokasi, meliputi :

1) Data Geometrik Simpang

Data geometrik berupa lebar pendekatan efektif ( $W_e$ ) pada masing – masing pendekatan, lebar masuk ( $W_{entry}$ ) pada masing – masing pendekatan, lebar keluar ( $W_{exit}$ ) pada masing – masing pendekatan, dan juga lebar belok

kiri langsung ( $W_{L TOR}$ ) pada masing – masing pendekatan.

2) Data arus lalu lintas

Data arus lalu lintas adalah data arus kendaraan tiap – tiap pendekatan yang dibagi dalam tiga arus, yaitu :

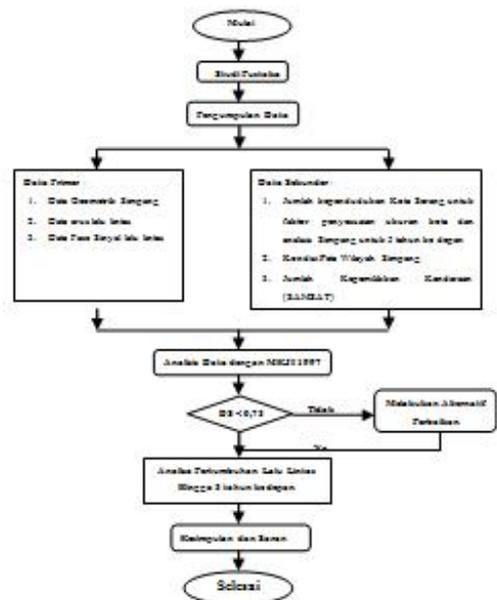
- Arus kendaraan lurus (ST)
- Arus kendaraan belok kanan (RT)
- Arus kendaraan belok kiri langsung (L TOR)

Masing – masing pendekatan terdapat berbagai jenis kendaraan yang akan diamati, yaitu :

- MC adalah sepeda motor
- LV adalah kendaraan ringan
- HV adalah kendaraan berat yang dibagi menjadi dua yaitu Bus dan Truk
- UM adalah kendaraan tak bermotor

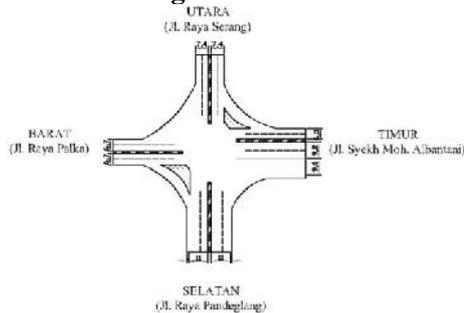
b. Data Sekunder

Data yang diperoleh dari pihak lain, dari instansi pemerintahan atau lembaga lain, meliputi Peta wilayah, jumlah kependudukan kota serang untuk menentukan faktor penyesuaian ukuran kota dalam perhitungan kapasitas pendekatan, dan jumlah kepemilikan kendaraan.



Gambar 1. Skema Alur Penelitian  
Sumber : Analisis Penulis, 2015

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN  
a. Kondisi Eksisting

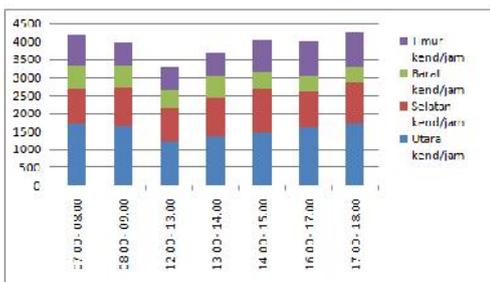


Gambar 2. Penampang Simpang Palima  
Sumber : Hasil Survei Lapangan, 2015

Data volume lalu lintas pada Simpang Palima yang diperoleh pada survei yang dilaksanakan pada tanggal 01 september 2015 dapat dilihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 1. Data Volume Lalu Lintas pada Simpang Palima Pada Jam Puncak

Waktu	Volume Kendaraan			Total kendaraan
	LV kend/jam	HV kend/jam	MC kend/jam	
07.00 - 08.00	1456	229	2498	4183
08.00 - 09.00	1424	283	2267	3974
12.00 - 13.00	1452	283	1556	3291
13.00 - 14.00	1433	251	2031	3715
14.00 - 15.00	1465	246	2325	4036
16.00 - 17.00	1388	193	2430	4011
17.00 - 18.00	1443	230	2589	4262



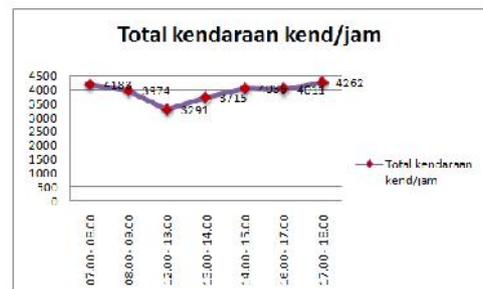
Sumber : Hasil analisis, 2016  
Gambar 3. Grafik Volume Lalu Lintas Pada Simpang Palima  
Sumber : Hasil analisis, 2016

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 3 menunjukkan volume lalu lintas tertinggi yaitu 4262 kend/jam terjadi pada waktu puncak sore yaitu pukul 17.00 – 18.00 WIB. Berikut rincian volume lalu lintas berdasarkan tipe kendaraan.

Tabel 2. Data Volume Lalu Lintas Pada Simpang Palima berdasarkan Tipe Kendaraan (kend/jam)

Waktu	Volume Kendaraan			Total kendaraan
	LV kend/jam	HV kend/jam	MC kend/jam	
07.00 - 08.00	1456	229	2498	4183
08.00 - 09.00	1424	283	2267	3974
12.00 - 13.00	1452	283	1556	3291
13.00 - 14.00	1433	251	2031	3715
14.00 - 15.00	1465	246	2325	4036
16.00 - 17.00	1388	193	2430	4011
17.00 - 18.00	1443	230	2589	4262

Sumber : Hasil analisis, 2016



Gambar 4. Volume Lalu Lintas Simpang dalam Kend/jam

Sumber : Hasil Survei Lapangan, 2015

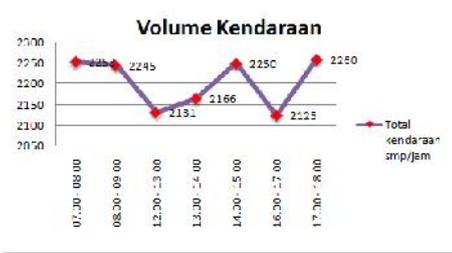
Pada tabel 2 dan gambar 4 menjelaskan volume lalu lintas berdasarkan tipe kendaraan. Untuk mempermudah analisa berikutnya, maka volume lalu lintas dikonversi dari kend/jam ke smp/jam untuk tiap tipe kendaraan.

Berdasarkan tabel dibawah ini mengubah tipe kendaraan dalam smp/jam dengan nilai konversi emp untuk tipe terlindung, nilai emp untuk kendaraan ringan 1,0. Nilai emp untuk kendaraan berat 1,3. Nilai emp untuk sepeda motor yaitu 0,2. Hasil dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Data Volume Lalu Lintas pada Simpang Palima berdasarkan Tipe Berdasarkan Tipe Kendaraan (smp/jam)

Waktu	Volume Kendaraan			Total kendaraan
	LV smp/jam	HV smp/jam	MC smp/jam	
07.00 - 08.00	1456	298	500	2253
08.00 - 09.00	1424	368	453	2245
12.00 - 13.00	1452	368	311	2131
13.00 - 14.00	1433	326	406	2166
14.00 - 15.00	1465	320	465	2250
16.00 - 17.00	1388	251	486	2125
17.00 - 18.00	1443	299	518	2260

Sumber : Hasil analisis, 2016



**Gambar 5. Data Volume Lalu Lintas pada Simpang Palima berdasarkan Tipe Berdasarkan Tipe Kendaraan (smp/jam)**  
 Sumber : Hasil analisis, 2016

Dari hasil analisis survey lalu lintas diatas didapatkan total volume lalu lintas pada jam puncak sebesar 2260 smp/jam yaitu pada pukul 17.00 – 18.00 Wib.

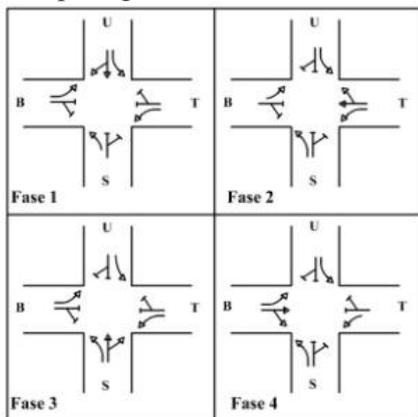
Dari survei lapangan yang telah dilakukan pada Simpang Palima diperoleh data pengaturan sinyal lalu lintas yang ditunjukkan dalam tabel 4.

**Tabel 4. Data Pengaturan Lampu Lalu Lintas pada Simpang Palima**

Kode Pendekat	Hijau (detik)	Kuning (detik)	Merah (detik)
U	17	3	70
S	20	3	67
B	14	3	73
T	14	3	73

Sumber : Hasil Survei Lapangan, 2015

Pengaturan fase yang digunakan pada Simpang Palima yaitu pengaturan 4 fase, seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 6. Pengaturan fase Simpang Palima**

Sumber : Hasil Survei Lapangan, 2015

1. Arus Jenuh Dasar

Dalam menghitung arus jenuh dasar, harus menentukan lebar efektif terlebih

dahulu yang ditentukan dari lebar masuk, lebar belok kiri langsung dan lebar keluar. Untuk arus jenuh dasar dari hasil analisa dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 5. Arus Jenuh dasar Simpang Palima**

Sumber : Hasil analisis, 2016

2. Arus Jenuh

Kode Pendekat	Lebar efektif (We) M	Arus Jenuh Dasar (So) Smp/jam
U	7,4	4440
S	8,3	4980
B	4,2	2520
T	9,2	5520

Arus jenuh yang dihasilkan dari analisa yaitu:

**Tabel 6. Penentuan Faktor Koreksi dan Arus Jenuh untuk Simpang Palima**

Kode Pendekat	Faktor Penyesuaian					S (smp/jam)	
	Semua Tipe Pendekat						
	So	Fcs	Fsf	Fg	Fp	Fkr	
U	4440	0,84	0,9492	1,016	1,0	1,05	4249
S	4980	0,94	0,95	1,035	1,0	1,06	4880
B	2520	0,94	0,93	1,02	1,0	1,03	2375
T	5520	0,94	0,95	0,977	1,0	1,10	5310

Sumber : Hasil analisis, 2016

3. Waktu Siklus

Waktu siklus yang dihasilkan pada Simpang Palima yaitu :

$$\begin{aligned}
 c &= \Sigma g + LTI \\
 &= 65 + 25 \\
 &= 90 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

4. Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Perhitungan kapasitas setiap pendekat tergantung pada rasio waktu hijau dan arus jenuh yang disesuaikan.

**Tabel 7. Kapasitas Simpang Palima**

Kode pendekat	S (smp/jam)	G (detik)	c (detik)	C (smp/jam)
U	4249	17	90	803
S	4889	20	90	1087
B	2375	14	90	369
T	5310	14	90	826

Sumber : Hasil analisis, 2016

Derajat kejenuhan untuk setiap pendekat pada simpang Palima yaitu :

**Tabel 8. Derajat kejenuhan Simpang Palima**

Kode pendekat	Arus lalu lintas (smp/jam)	Kapasitas (smp/jam)	Derajat Kejenuhan Q/C	Keterangan
U	772	803	0,96	Jenuh
S	563	1087	0,52	Tidak jenuh
B	77	369	0,21	Tidak jenuh
T	259	826	0,31	Tidak jenuh

Sumber : Hasil analisis, 2016

Dilihat dari hasil analisis simpang Palima berada dalam kondisi jenuh. Pendekat Utara menghasilkan derajat kejenuhan > 0,75, sedangkan 3 pendekat lainnya menghasilkan ds < 0,75.

5. Tingkat Kinerja

a. Panjang Antrian

Panjang antrian didapat dari menghitung  $NQ_1$  dan  $NQ_2$ , setelah itu mencari  $NQ_{max}$  dan menghitung QL.

Tabel 9. Panjang Antrian Simpang Palima

Kode pendekat	Q (smp/jam)	C (smp/jam)	DS	Jumlah kendaraan antri (smp)				QT (s)
				NQ1	NQ2	NQ (NQ1+NQ2)	NQ Max	
U	772	803	0,96	3,0	19,14	27,14	32,8	97
S	361	193	0,52	0,04	12,37	12,41	19	46
B	77	369	0,21	0	1,68	1,68	2	10
T	259	826	0,31	0	5,75	5,75	10	22

Sumber : Hasil analisis, 2016

Pada hasil yang didapat, panjang antrian tertinggi berada pada pendekat Utara yaitu sebesar 97 m.

b. Kendaraan Terhenti

Perhitungan kendaraan terhenti terdiri dari nilai angka henti, jumlah kendaraan terhenti dan nilai angka henti total seluruh simpang. Hasilnya ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 10. Kendaraan Terhenti Simpang Palima

Kode Pendekat	Ns Stop/smp	Nsv Smp/jam
U	1,27	977
S	0,79	447
B	0,79	60
T	0,80	207
Total		1691
$\Sigma N_{sv} / Q_{TOT}$		0,75

Sumber : Hasil analisis, 2016

c. Tundaan

Perhitungan tundaan terdiri dari perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata, tundaan geometrik rata-rata, tundaan rata-rata, tundaan total dan tundaan simpang rata – rata. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Derajat kejenuhan Simpang Palima

Kode Pendekat	Tundaan			
	DT Det/smp	DG Det/smp	D Det/smp	D x Q Det/smp
U	72,08	4,53	76,61	59160
S	30,89	3,60	34,49	19415
B	33,16	4,18	37,34	2868
T	33,74	4,28	38,01	9852

Sumber : Hasil analisis, 2016

Tundaan simpang rata – rata di Simpang Palima diperoleh menggunakan rumus berikut :

$$D_1 = \frac{\Sigma D_{total}}{Q_{total}} = \frac{94827}{2260} = 41,96 \text{ det/smp}$$

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 tahun 2015 mengenai tingkat pelayanan simpang bersinyal maka hasil tundaan pada kondisi eksisting tersebut masuk dalam tingkat E yaitu antara 40,1 – 60 det/smp dimana nilai tundaan rata – rata yang dihasilkan yaitu 41,96 det/smp.

b. Alternatif Perbaikan

Alternatif yang akan diberikan untuk memperbaiki kinerja Simpang Palima antara lain melakukan perubahan fase, pengaturan ulang sinyal dan pelebaran geometrik. Dibawah ini beberapa Alternatif yang digunakan untuk memperbaiki kinerja Simpang Palima yaitu :

1. Alternatif I dengan melakukan koordinasi lampu hijau
2. Alternatif II dengan melakukan perubahan fase
3. Alternatif III dengan melakukan Pengaturan Ulang Sinyal
4. Alternatif IV dengan melakukan Perubahan Lebar Geometrik
5. Alternatif V dengan melakukan Perubahan Lebar geometrik dan perubahan fase
6. Alternatif VI dengan melakukan Perubahan Lebar Geometrik dan Pengaturan Ulang Sinyal

Dari hasil perhitungan alternatif diatas, alternatif perbaikan yang paling efektif untuk diterapkan pada jangka pendek yaitu alternatif I dan untuk jangka panjang yaitu Alternatif V dengan melakukan Perubahan Lebar Geometrik dan Perubahan Fase.

Rekapitulasi tingkat kinerja pada Simpang Palima dengan beberapa alternatif perbaikan dapat dilihat pada tabel 12.

**Tabel 12. Rekapitulasi Kinerja Simpang dengan Alternatif Perbaikan**

Kondisi	Pendekat			
	Utara	Selatan	Barat	Timur
<b>Alternatif I (Melakukan Koordinasi Lampu Hijau)</b>				
Derajat Kejenuhan (Ds)	0,37	0,23	0,14	0,21
Panjang Antrian, QL (m)	22	15	11	13
Kend. Terhenti, NS (smp/jam)	214	158	39	133
Tundaan, T (det smp)	18,64	17,97	23,13	23,70
Tingkat Pelayanan Simpang, LOS	C	C	C	C
<b>Alternatif II (Perubahan Fase)</b>				
Derajat Kejenuhan (Ds)	0,56	0,36	0,46	0,52
Panjang Antrian, QL (m)	36	22	12	15
Kend. Terhenti, NS (smp/jam)	581	349	66	226
Tundaan, T (det smp)	10,20	8,85	23,34	23,15
Tingkat Pelayanan Simpang, LOS	B	B	C	C
<b>Alternatif III (Pengaturan Ulang Sinyal)</b>				
Derajat Kejenuhan (Ds)	0,58	0,55	0,52	0,59
Panjang Antrian, QL (m)	38	29	14	15
Kend. Terhenti, NS (smp/jam)	597	461	69	239
Tundaan, T (det smp)	17,94	21,07	26,75	26,99
Tingkat Pelayanan Simpang, LOS	C	C	D	D
<b>Alternatif IV (Perubahan Lebar Geometrik)</b>				
Derajat Kejenuhan (Ds)	0,71	0,43	0,09	0,29
Panjang Antrian, QL (m)	56	37	8	20
Kend. Terhenti, NS (smp/jam)	678	436	59	206
Tundaan, T (det smp)	40,39	33,66	36,72	37,88
Tingkat Pelayanan Simpang, LOS	E	D	D	D
<b>Alternatif V (Perubahan Lebar Geometrik dan Perubahan Fase)</b>				
Derajat Kejenuhan (Ds)	0,43	0,31	0,20	0,53
Panjang Antrian, QL (m)	20	19	6	14
Kend. Terhenti, NS (smp/jam)	517	338	65	228
Tundaan, T (det smp)	9,14	8,64	23,0	23,28
Tingkat Pelayanan Simpang, LOS	B	B	C	C
<b>Alternatif VI (Perubahan Lebar Geometrik dan Pengaturan Ulang Sinyal)</b>				
Derajat Kejenuhan (Ds)	0,46	0,49	0,22	0,59
Panjang Antrian, QL (m)	28	24	4	16
Kend. Terhenti, NS (smp/jam)	558	446	66	241
Tundaan, T (det smp)	16,70	20,34	25,52	27,23
Tingkat Pelayanan Simpang, LOS	C	C	D	D

Sumber : Hasil analisis, 2016

**c. Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas Simpang Bersinyal**

Dari hasil analisis dan beberapa alternatif yang dapat diberikan faktor – faktor yang dapat mempengaruhi besarnya kapasitas simpang bersinyal yaitu :

**1. Jenis Fase**

Jenis fase mempunyai dampak yang besar untuk tingkat kinerja simpang karena semakin sedikit fase yang digunakan, semakin tinggi kapasitas simpang tersebut dan akan mengurangi derajat kejenuhan yang terjadi pada simpang. Jenis fase yang digunakan biasanya 2 – 4 fase.

**2. Waktu Siklus**

Menurut MKJI 1997 waktu siklus yang disarankan yaitu :

**Tabel 13. Waktu siklus yang disarankan**

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak (det)
Pengaturan dua fase	40 – 60
Pengaturan tiga fase	50 – 100
Pengaturan empat fase	80 – 130

Sumber : MKJI, 1997

**3. Geometrik Jalan**

Geometrik Jalan contohnya dengan menambah lebar pendekat jika hal tersebut memungkinkan, pengaruh terbaik dari tindakan seperti ini akan

diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat – pendekat dengan nilai FR kritis tertinggi.

**4. Waktu Antar Hijau**

Waktu antar hijau berfungsi untuk menjamin kendaraan yang melewati simpang pada saat lampu hijau, agar tidak tertabrak kendaraan lain yang mendapat fase hijau berikutnya. Menurut MKJI 1997 waktu antar hijau berikut dapat dianggap sebagai nilai normal :

**Tabel 14. Nilai normal waktu antar hijau**

Ukuran Simpang	Lebar jalan rata – rata	Nilai normal waktu antar hijau
Kecil	6 – 9 m	4 det/fase
Sedang	10 – 14 m	5 det/fase
besar	≥ 15 m	≥ 6 det/fase

Sumber : MKJI, 1997

**d. Analisis Kemampuan Simpang dalam Jangka 5 Tahun ke Depan**

Analisis kemampuan simpang dalam jangka 5 tahun ke depan yaitu dengan menggunakan faktor pertumbuhan lalu lintas. Pertumbuhan lalu lintas dipengaruhi oleh faktor jumlah penduduk dan jumlah kepemilikan kendaraan.

Hasil analisa yang didapat untuk pertumbuhan penduduk Kota Serang sebesar 4,48% , untuk presentase pertumbuhan kendaraan roda 2 sebesar 12,86% dan untuk kendaraan roda 4 atau lebih yaitu 15,72%.

Setelah didapat hasil presentase pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan kendaraan, selanjutnya melakukan perhitungan volume kendaraan dan kemampuan simpang untuk jangka 5 tahun ke depan dalam kondisi eksisting. Hasilnya adalah sebagai berikut :

**Tabel 15. Kemampuan Simpang Untuk 5 Tahun ke depan pada pendekat Utara**

Tahun Rencana	Volume Arus Lalu Lintas Tahun Rencana (I.HR0) Smp/jam	Kapasitas (C) smp/jam	DS
Tahun ke - 0	777	803	0,96
Tahun ke - 1	839	803	1,11
Tahun ke - 2	1022	803	1,27
Tahun ke - 3	1177	803	1,47
Tahun ke - 4	1354	803	1,69
Tahun ke - 5	1559	803	1,94

Sumber : Hasil analisis, 2016

**Tabel 16. Kemampuan Simpang Untuk 5 Tahun ke depan pada pendekat Selatan**

Tahun Rencana	Volume Arus Lalu Lintas Tahun Rencana (LHR0) Smp/jam	Kapasitas (C) smp/jam	DS
Tahun ke - 0	563	1087	0,52
Tahun ke - 1	648	1087	0,60
Tahun ke - 2	747	1087	0,69
Tahun ke - 3	860	1087	0,79
Tahun ke - 4	991	1087	0,91
Tahun ke - 5	1142	1087	1,05

Sumber : Hasil analisis, 2016

**Tabel 17. Kemampuan Simpang Untuk 5 Tahun ke depan pada pendekat Barat**

Tahun Rencana	Volume Arus Lalu Lintas Tahun Rencana (LHR0) Smp/jam	Kapasitas (C) smp/jam	DS
Tahun ke - 0	77	369	0,21
Tahun ke - 1	88	369	0,24
Tahun ke - 2	102	369	0,27
Tahun ke - 3	117	369	0,32
Tahun ke - 4	134	369	0,36
Tahun ke - 5	155	369	0,42

Sumber : Hasil analisis, 2016

**Tabel 18. Kemampuan Simpang Untuk 5 Tahun ke depan pada pendekat Timur**

Tahun Rencana	Volume Arus Lalu Lintas Tahun Rencana (LHR0) Smp/jam	Kapasitas (C) smp/jam	DS
Tahun ke - 0	259	826	0,31
Tahun ke - 1	298	826	0,36
Tahun ke - 2	343	826	0,41
Tahun ke - 3	394	826	0,48
Tahun ke - 4	454	826	0,55
Tahun ke - 5	522	826	0,63

Sumber : Hasil analisis, 2016

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

**a. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis pada Simpang Palima dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan hasil analisis simpang bersinyal pada Simpang Palima yaitu menghasilkan kapasitas untuk pendekat Utara yaitu 308 smp/jam, pendekat Selatan yaitu 1087 smp/jam, pendekat Barat 469 smp/jam, dan pendekat Timur yaitu 826 smp/jam. Derajat kejenuhan yang dihasilkan untuk pendekat Utara yaitu 0,96, untuk pendekat Selatan, Barat dan Timur yaitu < 0,75. Tingkat pelayanan pada Simpang Palima yaitu termasuk ke dalam tingkat pelayanan E (40 – 60 detik) dilihat dari hasil tundaan rata – rata simpang yang dihasilkan adalah 41,96 det/smp. Panjang antrian

tertinggi pada simpang yaitu 97 m. Besar nilai angka henti seluruh simpang 0,75 stop/smp.

2. Setelah menganalisis simpang Palima untuk kondisi eksisting dan alternatif perbaikan diketahui beberapa Faktor – faktor yang mempengaruhi kapasitas simpang antara lain yaitu geometrik jalan, jenis fase, waktu antar hijau dan waktu siklus.
3. Dari beberapa alternatif perbaikan yang dilakukan, alternatif yang dapat meningkatkan kinerja simpang dari kondisi eksisting untuk jangka pendek yaitu alternatif I dengan melakukan koordinasi lampu hijau, pada alternatif ini kapasitas yang dihasilkan menjadi lebih besar sehingga dapat menurunkan derajat kejenuhan menjadi < 0,75, panjang antrian yang dihasilkan dengan melakukan koordinasi lampu hijau adalah 22 m. Nilai angka henti seluruh simpang yang dihasilkan 0,23 stop/smp. Tundaan simpang rata – rata pada simpang diperoleh sebesar 10,98 det/smp. Tingkat pelayanan Simpang (LOS) pada simpang meningkat menjadi tingkat B (5 – 15 det/smp). Alternatif yang dapat digunakan untuk jangka panjang yaitu alternatif V dengan melakukan perubahan lebar geometrik dan perubahan fase. Alternatif ini menghasilkan derajat kejenuhan untuk masing – masing pendekat < 0,75 (MKJI 1997). Panjang antrian tertinggi yaitu 20 m, angka henti simpang dihasilkan 0,45 stop/smp, tundaan rata – rata simpang yaitu 10,14 det/smp. Berdasarkan tundaan yang dihasilkan tingkat pelayanan simpang pada Simpang Palima untuk alternatif IV berada pada tingkat pelayanan B (5 – 15 Det/smp).

**b. Saran**

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran dan

masukkan guna untuk meningkatkan kinerja simpang Palima, antara lain:

1. Pada simpang Palima diharapkan dapat dilakukan alternatif I yaitu melakukan koordinasi lampu hijau dan alternatif jangka panjang yaitu alternatif V yaitu perubahan lebar geometrik dan perubahan fase untuk meningkatkan kinerja simpang tersebut.
2. Dengan penelitian ini perlu adanya penelitian lanjutan mengenai koordinasi antar sinyal untuk permasalahan yang sama, karena masih terdapat nilai waktu hijau dibawah 10 detik yang dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan.
3. Berdasarkan penelitian ini, diperlukan ketelitian dan metode survei yang tepat dalam pengambilan survei data yang dibutuhkan, hal ini penting supaya tidak terjadi survei yang berulang – ulang.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (1997). *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga

Anonim. (2015). *Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 96* : Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas. Jakarta: Kementerian Perhubungan.

Anonim. (2015). *Data Penduduk Kota Serang*. Serang: Badan Pusat Statistik.

Anonim. (2015). *Kepemilikan Kendaraan Kota Serang*. Serang: SAMSAT.

C. Jotin Khisty dan B. Kent Lall. (2005). *Dasar – dasar Transportasi Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta : Erlangga

Erawaty, Liina. (2007). *Analisis Kapasitas Dan Tingkat Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Outlet Jalan Tol Krapyak, Kota Semarang*. Teknik Sipil. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Munawar, Ahmad. (2013). *Manajemen Lalu Lintas*. Yogyakarta : Beta Offset.

Prasetyo, Bagus Dwi. (2012). *Evaluasi Kinerja Pada Simpang Bersinyal Mojosoong Dan Simpang Ring Road Kota Surakarta*. Teknik Sipil. Solo : Universitas Sebelas Maret.

Raspati, Aan. (2012). *Evaluasi Kinerja Pada Simpang Bersinyal Pandawa Solo Baru Dan Tanjung Anom*. Teknik Sipil. Solo : Universitas Sebelas Maret.

Salimudin, Ahmad. (2014). *Analisa Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang PCI Cilegon*. Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Suryani, Irma., dkk. (2015). *Pedoman Penulisan dan Penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa*. Cilegon : Jurusan Teknik Sipil