

# ANALISIS KINERJA SIMPANG TANPA LAMPU LALU LINTAS CHAMART KOTA METRO

Leni Sriharyani<sup>1</sup>, Suhartono<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro Lampung  
Jl. Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia  
Email : lenisriharyani@yahoo.co.id<sup>1</sup>, tonosuhar664@gmail.com<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Simpang tak bersinyal Chamart Kota Metro merupakan simpang tanpa lampu lalu lintas yang mempunyai Lima lengan, dan merupakan perpotongan antara Jl.A.yani - Jl.Krakatau – Jl.Terong – Jl.Merica. Simpang tersebut berpotensi menimbulkan kecelakaan, antrian, kemacetan dan tundaan karena arus lalu lintasnya yang cukup padat terutama pada saat jam sibuk dengan berbagai jenis kendaraan di dalamnya. Selain itu juga pada simpang tersebut memiliki kelandaian jalan yang cukup berbeda antara jalan utama dengan jalan minor. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer atau data yang diambil dari lapangan meliputi kondisi geometrik, kondisi lingkungan, hambatan samping, volume lalulintas. Dari hasil analisis diketahui bahwa pada kondisi Eksisting pada jam puncak menunjukkan nilai Kapasitas = 2614,93 smp/jam, Derajat Kejenuhan sebesar 1,0167, Tundaan = 19,81det/jam, dan Peluang Antrian sebesar 41,55%–82,34%. Alternatif 3 merupakan alternatif penanganan simpang yang sesuai yaitu dengan pemasangan rambu larangan berhenti di sekitar pendekat simpang, pelebaran jalan Utama, arus satu arah pada Jl.krakatau (B) dan Jl.Merica (E) didapatkan nilai Kapasitas = 4171,25 smp/jam, Derajat Kejenuhan sebesar 0,5787, Tundaan = 9,74 det/jam,dan Peluang Antrian sebesar 14,17%–30,28

**Kata Kunci** : Kapasitas, Derajat Kejenuhan, Tundaan

## PENDAHULUAN

Simpang jalan merupakan tempat terjadinya konflik lalulintas. Volume lalulintas yang dapat ditampung jaringan jalan ditentukan oleh kapasitas simpang pada jaringan jalan tersebut. Kinerja suatu simpang merupakan faktor utama dalam menentukan penanganan yang paling tepat untuk mengoptimalkan fungsi simpang. Parameter yang digunakan untuk menilai kinerja suatu simpang tak bersinyal mencakup ; kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian.

Dengan menurunnya kinerja simpang akan menimbulkan kerugian pada pengguna jalan karena terjadinya penurunan kecepatan, peningkatan tundaan, dan antrian kendaraan yang mengakibatkan naiknya biaya operasi kendaraan dan menurunnya kualitas lingkungan.

Berbeda dengan simpang bersinyal, pengemudi di simpang tak bersinyal dalam

mengambil tindakan kurang mempunyai petunjuk yang positif, pengemudi dengan agresif memutuskan untuk menyudahi *manuver* yang diperlukan ketika memasuki simpang.

MKJI (1997) menyatakan bahwa angka kecelakaan pada simpang tak bersinyal diperkirakan sebesar 0,60 kecelakaan/juta kendaraan, dikarenakan kurangnya perhatian pengemudi terhadap rambu, sehingga mengakibatkan perilaku pengemudi melintasi simpang mempunyai perilaku tidak menunggu celah dan memaksa untuk menempatkan kendaraan pada ruas jalan yang akan dimasukinya, hal ini mengakibatkan konflik arus lalu lintas yang mengakibatkan kemacetan lalu lintas bahkan berpotensi untuk terjadinya kecelakaan.

Pada prinsipnya pengemudi masih mempunyai rasa hormat tentang hak prioritas untuk melalui simpang dari

pengemudi yang lain di simpang tak bersinyal. Keputusan pengemudi dalam situasi ini dan dampak pada pertimbangan kapasitas secara khas dicerminkan dengan pendekatan metode statistika yang mempertimbangkan distribusi frekuensi dari *gap* yang diterima maupun *gap* yang ditolak pada jalan utama terhadap kendaraan dari jalan simpang.

Simpang yang dianalisa pada penelitian ini adalah simpang tak bersinyal Lima lengan, Jl.A.yani - Jl.Krakatau – Jl.Terong – Jl.Merica, yang biasa dikenal dengan simpang Chamart Kota Metro. Simpang tersebut berpotensi menimbulkan kecelakaan, antrian, kemacetan dan tundaan karena arus lalu lintasnya yang cukup padat terutama pada saat jam sibuk dengan berbagai jenis kendaraan di dalamnya. Karena terletak di kawasan yang strategis di antaranya terdapat kawasan Pendidikan, pusat pertokoan, perumahan, dan tempat keramaian lainnya. Terdapat aktifitas di samping jalan pada pendekatan simpang seperti angkutan umum yang berhenti untuk menaikkan atau menurunkan penumpang serta kendaraan yang keluar masuk di samping jalan dari lingkungan sekitar simpang yang cukup banyak. Simpang ini juga merupakan jalur utama untuk masuk atau keluar yang menuju ke pusat-pusat kegiatan di kota Metro.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kinerja simpang tak bersinyal pada persimpangan chamart dilihat dari kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997).
2. Mengetahui Nilai Kapasitas, tundaan, Derajat Kejenuhan, dan peluang antrian setelah diterapkan Alternatif penanganan pada Simpang Chamart Kota Metro.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Arus Lalu lintas (Q)

Arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu

titik pada jalan persatuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam ( $Q_{KEND}$ ), smp/jam ( $Q_{smp}$ ) atau LHRT (Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan).

Arus lalu lintas yang digunakan dalam analisis kapasitas simpang dipakai arus lalu lintas yang paling padat per jam dari keseluruhan gerakan kendaraan.

Arus kendaraan total adalah kendaraan per jam untuk masing-masing gerakan dihitung dengan % kendaraan konversi yaitu mobil penumpang.

$$Q_{SMP} = Q_{KEND} \times F_{SMP} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

$Q_{SMP}$  = arus total pada persimpangan (smp/jam)

$Q_{KEN}$  = arus pada masing-masing simpang (smp/jam)

$F_{SMP}$  = faktorsmp

Jalan utama adalah jalan yang dipertimbangkan terpenting pada simpang misalnya jalan dengan klasifikasi fungsional tinggi. Faktor smp untuk berbagai jenis kendaraan dapat dihitung dengan rumus :

$$F_{SMP} = (LV\% \times emp_{LV} + HV\% \times emp_{OHV} + MC\% \times emp_{MC}) / 100 \dots \dots (2)$$

$$Q_{SMP} = Q_{KEND} \times F_{SMP} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan :

$Q_{SMP}$  = arus total pada persimpangan (smp/jam)

$Q_{KEN}$  = arus pada masing-masing simpang (smp/jam)

$F_{SMP}$  = faktorsmp

$F_{smp}$  di dapatkan dari perkalian smp dengan komposisi arus lalu lintas kendaraan bermotor dan tak bermotor.

Menurut MKJI 1997, smp (satuan mobil penumpang) merupakan satuan arus lalu lintas, dimana arus lalu lintas dari berbagai jenis kendaraan diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan mengalikan faktor konversinya yaitu emp. Faktor konversi ini merupakan perbandingan berbagai jenis kendaraan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya terhadap perilaku lalu lintas. Yang harus diperhatikan dalam

perencanaan jalan adalah terdapatnya bermacam-macam ukuran dan beratnya kendaraan, yang mempunyai sifat operasi yang berbeda.

Satuan mobil penumpang (smp) maksudnya adalah dalam memperhitungkan pengaruh jenis-jenis kendaraan dalam arus lalu lintas perlu ditetapkan satu ukuran tertentu. Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut terhadap keseluruhan arus lalu lintas, diperhitungkan dengan membandingkannya terhadap pengaruh dari suatu mobil penumpang. Dalam hal ini dipakai mobil penumpang karena mobil penumpang mempunyai keseragaman dan kemampuan dalam mempertahankan kecepatan jalannya dengan baik.

Truk disamping lebih besar/berat, berjalan lebih pelan, ruang jalan lebih banyak dan sebagai akibatnya memberikan pengaruh yang lebih besar daripada kendaraan mobil penumpang terhadap lalu lintas. Pengaruh truk pada lalu lintas terutama ditentukan oleh besarnya kecepatan truk dengan mobil penumpang yang dipakai sebagai dasar. Dasar-dasar satuan mobil penumpang (smp) adalah berat, dimensi kendaraan dan sifat-sifat operasi.

### Lebar Rata-Rata Pendekat

Pendekat merupakan daerah lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti. Lebar pendekat diukur pada jarak 10 m dari garis imajiner yang menghubungkan tipe perkerasan dari jalan berpotongan, yang dianggap mewakili lebar pendekat efektif untuk masing-masing pendekat.

Jumlah lajur digunakan untuk keperluan perhitungan yang ditentukan dari lebar rata-rata pendekatan jalan minor dan jalan utama.

Tabel 1. Hubungan Lebar Pendekat dengan Jumlah Lajur

Lebar rata-rata pendekat minor dan mayor, $W_{BD}$ , $W_{AC}$ (m)	Jumlah lajur
$W_{BD} = (b/2 + d/2)/2 < 5,5$	2
$> 5,5$	4
$W_{AC} = (a/2 + c/2)/2 < 5,5$	2
$> 5,5$	2

Sumber : *Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997*

### Tipe Simpang

Tipe simpang diklasifikasikan berdasarkan jumlah lengan, jumlah lajur jalan mayor dan minor. Dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Nilai Tipe Simpang

Kode (IT)	Jumlah lengan simpang	Jumlah lajur minor	Jumlah lajur utama
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber : *Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997*

### Kapasitas Dasar (Co)

Kapasitas dasar merupakan kapasitas persimpangan jalan total untuk suatu kondisi tertentu yang telah ditentukan sebelumnya (kondisi dasar). Kapasitas dasar (smp/jam) ditentukan oleh tipe simpang. Untuk dapat menentukan besarnya kapasitas dasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kapasitas Dasar Menurut Tipe Simpang

Tipe simpang (IT)	Kapasitas dasar (smp/jam)
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

Sumber : *Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997*

**Faktor penyesuaian lebar pendekat (Fw)**

Faktor penyesuaian lebar pendekat (Fw) ini merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar sehubungan dengan lebar masuk persimpangan jalan. Faktor ini diperoleh dari rumus Tabel 4.

Tabel 4. Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat

Tipe simpang	Faktor penyesuaian lebar pendekat (Fw)
422	$0,7 + 0,0866 W1$
424 atau 444	$0,61 + 0,074 W1$
322	$0,076 W1$
324	$0,62 + 0,0646 W1$
342	$0,0698 W1$

Sumber: *Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997*

**Faktor penyesuaian median jalan utama (FM)**

FM ini merupakan faktor penyesuaian untuk kapasitas dasar

sehubungan dengan tipe median jalan utama. Tipe median jalan utama merupakan klasifikasi media jalan utama, tergantung pada kemungkinan menggunakan media tersebut untuk menyeberangi jalan utama dalam dua tahap. Faktor ini hanya digunakan pada jalan utama dengan jumlah lajur 4 (empat). Besarnya faktor penyesuaian median dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Uraian	Tipe Median	Faktor Penyesuaian Median (Fw)
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median jalan utama < 3 m	Sempit	1,05
Ada median jalan utama ≥ 3m	Lebar	1,20

Sumber : *Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997*

**Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs)**

Faktor ini hanya dipengaruhi oleh variabel besar kecilnya jumlah penduduk dalam juta, seperti tercantum dalam Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran Kota (CS)	Penduduk (Juta)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
Sangat Kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 – 0,5	0,88
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

Sumber : *Simpang Tak Bersinyal MKJI 1997*

**Faktor penyesuaian tipe lingkungan, kelas hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (FRSU)**

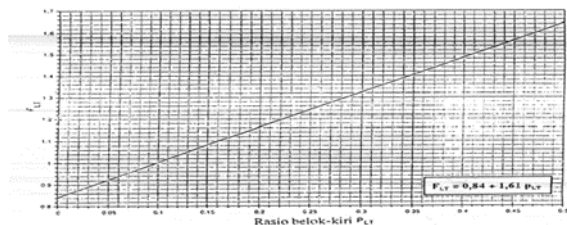
Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (FRSU), dengan variabel masukan adalah tipe lingkungan jalan (RE), kelas hambatan samping (SF) dan rasio kendaraan tak bermotor UM/MV.

**Faktor penyesuaian belok kiri (FLT)**

Rumus yang digunakan dalam pencarian faktor penyesuaian belok kiri ini adalah

$$FLT = 0,84 + 1,61 PLT \dots \dots \dots (4)$$

Dapat juga digunakan grafik untuk menentukan faktor penyesuaian belok kiri, variabel masukan adalah belok kiri, PLT dari formulir USIG-1 Baris 29, kolom 11. Batas nilai yang diberikan untuk PLT adalah rentang dasar empiris dari manual.

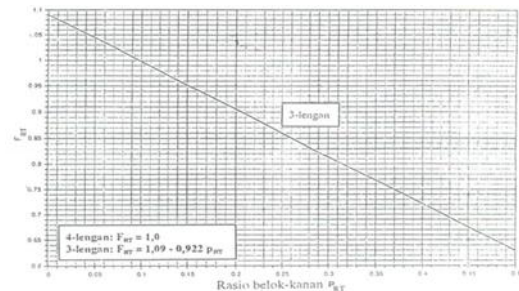


Gambar 1. Grafik Faktor Penyesuaian Belok Kiri

**Faktor penyesuaian belok kanan (FRT)**

Faktor penyesuaian belok kanan untuk simpang jalan dengan empat lengan adalah FRT = 1,0, faktor penyesuaian belok kanan

ditentukan dari gambar 2 berikut ini. Untuk simpang 3 – lengan, variabel masukan adalah belok kanan, PRT dari formulir USIG-1, baris 30 kolom 11.

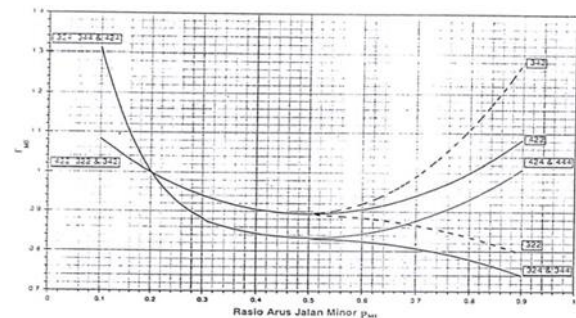


Gambar 2. Grafik Faktor Penyesuaian Belok Kanan

**Faktor Penyesuaian rasio arus minor (FMI)**

Pada faktor ini jalan yang banyak mempengaruhi adalah rasio arus pada jalan (PMI) dan tipe simpang (IT) pada persimpangan tersebut.

Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor dapat juga ditentukan dengan grafik, variabel masukan adalah rasio arus jalan minor (PMI), dari formulir USIG 1 baris 33, kolom 10) dan tipe simpang IT (USIG – II, kolom 12). Batas nilai yang diberikan untuk PMI pada gambar adalah rentang dasar empiris dari manual.



Gambar 3. Rasio Arus Jalan Minor

**Kapasitas(C)**

Kapasitas persimpangan secara menyeluruh dapat diperoleh dengan rumus

$$C = C_o \times F_w \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \text{ (smp/jam)} \dots \dots \dots (5)$$

Dengan :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C<sub>o</sub> = Kapasitas dasar (smp/jam)
- F<sub>w</sub> = Faktor koreksi lebar masuk

$F_M$  = Faktor koreksi tipe median jalan utama  
 $F_{CS}$  = Faktor koreksi ukuran kota  
 $F_{RSU}$  = Faktor penyesuaian kendaraan tak bermotor dan hambatan samping dan lingkungan jalan.  
 $FLT$  = Faktor penyesuaian belok kiri  
 $FRT$  = Faktor penyesuaian belok kanan  
 $FMI$  = Faktor penyesuaian rasio arus jalan simpang

**Perilaku Lalulintas**

Perilaku lalulintas adalah ukuran kuantitatif yang menerangkan kondisi operasional fasilitas lalulintas, perilaku lalulintas pada umumnya dinyatakan dalam kapasitas, derajat kejenuhan, tundaan dan peluang antrian.

**Derajat Kejenuhan (DS)**

Derajat kejenuhan merupakan rasio lalulintas terhadap kapasitas. Jika yang diukur adalah kejenuhan suatu simpang maka derajat kejenuhan disini merupakan perbandingan dari total arus lalulintas (smp/jam) terhadap besarnya kapasitas pada suatu persimpangan (smp/jam).

Derajat kejenuhan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$DS = Q_{TOT} / C \dots \dots \dots (6)$$

Dengan :

$DS$  = derajat kejenuhan

$C$  = kapasitas (smp/jam)

$Q_{TOT}$  = jumlah arus total pada simpang (smp/jam)

**Tundaan**

**a. Tundaan lalu lintas simpang ( $DT_1$ )**

Tundaan lalulintas simpang adalah tundaan lalulintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang.  $DT_1$  ditentukan dari kurva empiris antara  $DT_1$  dan  $DS_1$  dengan rumus :

untuk  $DS < 0,6$   
 $DT = 2 + 8,2078 * DS - (1 - DS) * 2 \dots (7)$

untuk  $DS > 0,6$   
 $DT = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 * DS) - (1 - DS) * 2 \dots \dots \dots (8)$

**b. Tundaan lalu lintas jalan utama ( $DT_{MA}$ )**

Tundaan lalulintas jalan utama adalah tundaan lalulintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama.  $DT_{MA}$  ditentukan dari kurva empiris antara  $DT_{MA}$  dan  $DS$ :

untuk  $DS \leq 0,6$   
 $DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 * DS - (1 - DS) * 1,8 \dots \dots \dots (9)$

untuk  $DS \geq 0,6$   
 $DT_{MA} = 1,05034 / (0,346 - 0,24 * DS) - (1 - DS) * 1,8 \dots \dots \dots (10)$

**c. Penentuan tundaan lalulintas jalan minor ( $DT_{MI}$ )**

Tundaan lalulintas jalan minor rata-rata ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata :

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times DT_1) - (Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI} \dots \dots \dots (11)$$

**d. Tundaan geometrik simpang (DG)**

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor masuk simpang.

Untuk  $DS < 1,0$  :

$$DS = (1 - DS) \times (P_T \times 6 + (1 - P_T) \times 3) + DS \times 4 \dots \dots \dots (12)$$

Untuk  $DS > 1,0$  :  $DG = 4$

Dimana :

$DG$  = Tundaan geometrik simpang

$DS$  = Derajat kejenuhan

$PT$  = Rasio beloktotal

**e. Tundaan simpang (D)**

Dengan rumus :

$$D = DG + DT_1 \text{ (det/smp)} \dots \dots \dots (13)$$

Dimana :

$DG$  = Tundaan geometrik simpang

$DT_1$  = Tundaan lalulintas simpang

## f. Peluang Antrian (QP)

Dengan rumus :

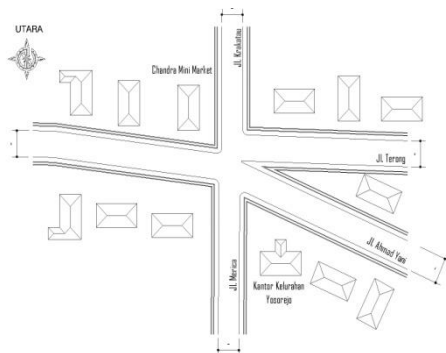
$$\text{Batas bawah QP\%} = 9,02 \cdot DS + 20,66 \cdot DS^2 + 10,49 \cdot DS^3 \dots \dots \dots (14)$$

$$\text{Batas atas QP\%} = 47,71 \cdot DS - 24,68 \cdot DS^2 - 56,47 \cdot DS^3 \dots \dots \dots (15)$$

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Persimpangan, Jl. A.yani - Jl. Krakatau – Jl. Terong – Jl. Merica, Yosorejo, Metro Timur, Kota Metro, Lampung, merupakan simpang tak bersinyal yang memiliki lima lengan



Gambar 4. Denah Lokasi Penelitian

### Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Adapun data primer adalah kondisi arus lalu lintas, geometrik persimpangan dan kondisi lingkungan, sedangkan data sekunder berupa pertumbuhan penduduk dan peta jaringan jalan.

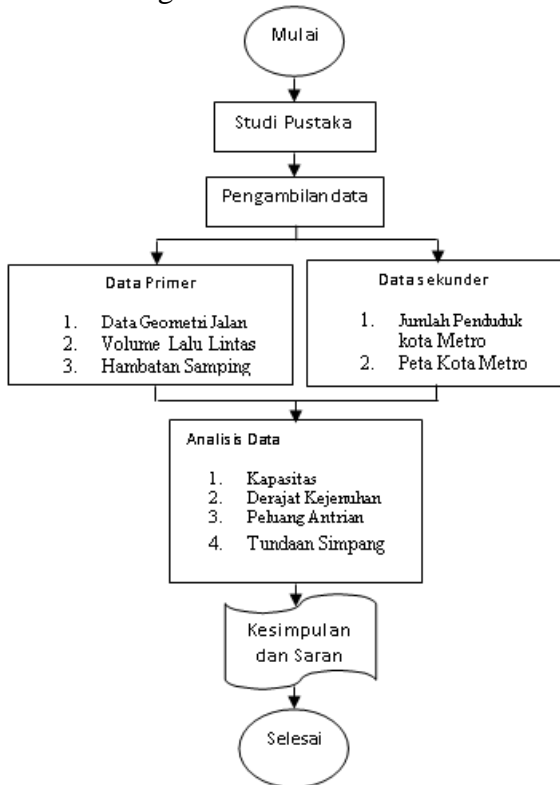
Data primer didapat dengan cara observasi atau pengamatan di lokasi penelitian, yaitu meliputi :

- a. Pengamatan pengukuran geometrik simpang dilakukan dengan mencatat jumlah lajur dan arah, menentukan kode pendekat, ada tidaknya median jalan, menentukan kelandaian jalan, mengukur lebar pendekat, lebar bahu dan median (jika ada). Pengukuran dilakukan pada saat lalu lintas lengang

agar tidak mengganggu kelancaran arus lalu lintas.

- b. Pengamatan kondisi lingkungan adalah menetapkan simpang tersebut sebagai lahan komersial, lahan pemukiman atau daerah dengan akses terbatas.
- c. Pengamatan dan pencacahan hambatan samping dilakukan pada sisi terbaik pendekat sepanjang 100 meter dengan mencatat semua pergerakan oleh unsur-unsur pejalan kaki, kendaraan yang keluar masuk halaman di sisi pendekat.
- d. Survei volume lalu lintas dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor jumlah kendaraan, arah gerakan, waktu pengamatan dan periode jam sibuk. Setiap pencatat mencatat semua kendaraan yang melewati (sesuai klasifikasinya) baik untuk gerak lurus, belok kiri serta mengisikannya ke dalam formulir pencacahan yang disediakan. Waktu pengamatan dibagi per 15 menit untuk pagi, siang dan sore hari. Kondisi cuaca saat pengamatan dicatat apakah cuacanya cerah, turun hujan atau kondisi lainnya. Pencacahan volume lalu lintas dilakukan pada jam-jam sibuk selama 7 hari. Volume lalu lintas dicatat per 15 menit agar mendapatkan data yang lebih akurat yang kemudian diolah untuk menjadi volume lalu lintas tiap jam. Untuk menentukan jam puncak yaitu dengan memilih volume lalu lintas tiap jam yang terbesar.
- e. Surveyor yang dibutuhkan untuk survey pencacahan volume arus lalu lintas dan jenis kendaraan terdiri dari:
  1. Untuk tiap lengan pada simpang ada 3 (tiga) surveyor yang mencatat volume arus lalu lintas tiap-tiap surveyor mencatat kendaraan LV, HV, MC, dan UM dengan perincian surveyor sebagai berikut :
    - 1) Jl. A.Yani terdiri dari 4 surveyor
    - 2) Jl. Krakatau terdiri dari 2 surveyor

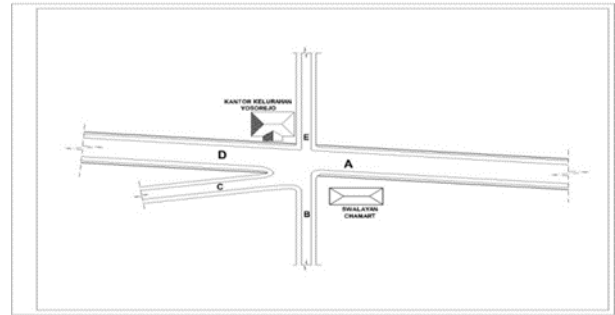
- 3) Jl. Terong terdiri dari 2 surveyor
  - 4) Jl. Merica terdiri dari 2 surveyor
2. Jumlah surveyor yang mencatat hambatan samping untuk tiap-tiap lengan simpang terdiri dari 1 orang.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

## PEMBAHASAN Kondisi Geometri

Persimpangan jl. A.Yani - jl.Krakatau - jl.Terong - jl.Merica memiliki lima lengan, yang memiliki lebar berbeda beda setiap lengannya. Terdiri atas 2 (dua) jalan Utama yaitu Jl.A.Yani yang di simbolkan Lengan A dan B. Dan juga 3 (tiga) Jalan Minor yaitu Jl. Krakatau yang disimbolkan dengan Lengan B, Jl. Terong yang disimbolkan dengan Lengan C, dan Jl. Merica yang disimbolkan dengan Lengan E. Simbolisasi bertujuan mempermudah penentuan arah kendaraan yang melintas pada persimpangan.



Gambar 6. Geometrik Simpang

Sebagai komponen penting dalam perhitungan, diperlukan data geometrik persimpangan. Data yang diambil dalam survey di antaranya ukuran lebar jalan, penentuan pendekatan jalan, lebar bahu jalan, dan data fasilitas lain.

Tabel 7. Data Lengan Simpang

Jalan	Lebar Jalan (m)	Lebar Pendekat (m)	Mar ka Jalan	Med ian	Bah u Jalan (m)
Jl. Utama A (Jl.A.Yani)	9,5	4,25	ada	-	-
Jl. Utama D (Jl.A.Yani)	9,5	4,25	ada	-	-
Jl. Minor B (Jl.krakatau)	3,5	1,75	-	-	1,5
Jl. Minor C (Jl.Terong)	4,7	2,35	-	-	1,5
Jl. Minor E (Jl.Merica)	3,5	1,75	-	-	1

Sumber : Data Hasil Survey di Persimpangan



Berdasarkan geometrinya, Persimpangan ini menghasilkan pergerakan arus lalu lintas sebanyak 20 pergerakan, baik pergerakan arus lalu lintas dari jalan utama menuju jalan utama, pergerakan arus lalu lintas dari jalan utama menuju jalan minor, pergerakan arus lalu lintas dari jalan minor menuju jalan utama, maupun pergerakan arus lalu lintas dari jalan minor menuju jalan minor.

### **Kondisi Lingkungan**

Tiga faktor yang ditinjau untuk menentukan kondisi lingkungan Persimpangan jl. A.Yani - jl.Krakatau - jl.Terong - jl.Merica yaitu tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan ukuran kota.

#### **A. Tipe Lingkungan Jalan**

Dilihat dari tata letak simpang, simpang ini berada pada kawasan bisnis, pendidikan dan perumahan. Lengan E (Jl.merica) merupakan kawasan perumahan. Ini dapat dilihat dari bangunan-bangunan yang berdiri sebagian besar adalah komplek perumahan sehingga lalu lintas yang terjadi tergolong kecil. Berdasarkan MKJI 1997 tipe lingkungan jalan ini digolongkan tipe lingkungan jalan minor. Pada lengan A dan D yaitu Jl.A.Yani terdapat bangunan toko permanen dan terdapat perkantoran yang memiliki tingkat lalu lintas yang tinggi

Lengan B (Jl .krakatau) dan C (Jl. Terong) adalah merupakan daerah pendidikan yang memiliki tingkat lalu lintas yang cukup tinggi, juga terdapat perumahan dan toko-toko permanen yang juga memiliki tingkat lalu lintas yang cukup tinggi.

Berdasarkan MKJI 1997 tipe lingkungan jalan ini digolongkan tipe lingkungan jalan komersial.

#### **B. Hambatan Samping**

Hambatan samping terbesar terjadi pada jalan utama yang merupakan jalur yang dilalui lalu lintas dengan kondisi yang kompleks.

Hambatan samping ini berupa :

1. Pejalan kaki
2. Parkir, kendaraan berhenti
3. Kendaraan masuk + keluar
4. Kendaraan lambat

Berdasarkan MKJI 1997 tipe hambatan samping digolongkan tipe hambatan samping tinggi.

Hambatan samping pada lengan A dan D adalah kendaraan yang parkir pada badan jalan, kendaraan yang keluar masuk pertokoan maupun perkantoran dan angkutan umum yang menaikan dan menurunkan penumpang, Hambatan samping pada lengan B,C, dan E adalah kendaraan parkir, kendaraan keluar masuk, dan pejalan kaki dalam kondisi yang rendah. Berdasarkan MKJI 1997 tipe hambatan samping digolongkan tipe hambatan samping rendah.

#### **C. Ukuran Kota**

Data jumlah penduduk Kota Metro Pada Tahun 2016 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Metro adalah 160.729 jiwa. Berdasarkan MKJI 1997 untuk ukuran kota dengan jumlah penduduk sebanyak 160.729 jiwa, Kota Metro digolongkan kedalam ukuran kelas kota kecil.

#### **Volume Lalu lintas**

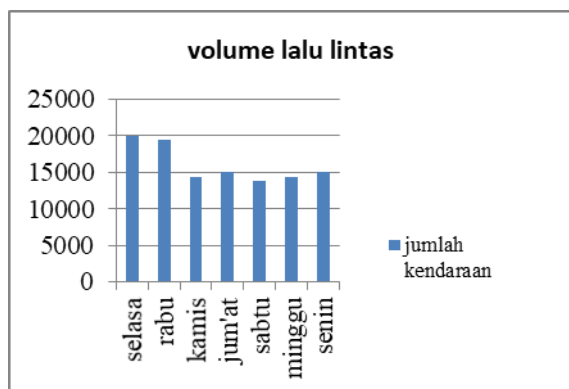
Survei lalu lintas dilakukan pada jam-jam sibuk dengan menggunakan lembar kerja sehingga didapatkan volume lalu lintas selama satu jam puncak dari seluruh hasil survei volume lalu-lintas untuk masing-masing lengan persimpangan. survey kendaraan dilakukan selama tujuh hari berturut-turut pada hari Selasa sampai dengan hari Senin.

Pengamatan volume lalu lintas dilakukan pada jam sibuk untuk waktu pagi, siang dan sore hari pada tiap-tiap lengan simpang yang diamati yaitu :

1. Pagi : Pukul 06.00-08.00 WIB
2. Siang : Pukul 12.00-14.00 WIB
3. Sore : Pukul 16.00-18.00 WIB

Tabel 8. Arus kendaraan per hari

Hari	Total arus kendaraan per hari
Selasa	19881 kendaraan
Rabu	19455 kendaraan
Kamis	14410 kendaraan
Jum'at	15054 kendaraan
Sabtu	13876 kendaraan
Minggu	14307 kendaraan
Senin	14980 kendaraan



Gambar 7. Grafik volume kendaraan

Berdasarkan hasil survey pada jam puncak selama tujuh hari, volume lalu lintas tertinggi terjadi pada hari Selasa. Sedangkan volume lalu-lintas terendah terjadi pada hari Sabtu.

### Analisis Simpang tak bersinyal

Digunakan data pada hari Selasa, periode jam puncak sore (17.00 – 18.00). Data ini dianggap mewakili data-data lainnya karena mempunyai volume arus lalu lintas tertinggi (jam puncak tertinggi).

### A. USIG 1

Kota: Kota Metro

Propinsi: Lampung

Ukuran Kota: 160.729 jiwa

Hari: Selasa

Periode: Jam Puncak sore (17.00 – 18.00)

Nama Simpang: Persimpangan Jl.A.Yani-  
Jl.Krakatau-

Jl.Terong-Jl.Merica

Komposisi Lalu lintas meliputi:

QLV	=	734	smp/jam
QHV	=	22,1	smp/jam
QMC	=	1902,5	smp/jam
QMV	=	2658,6	smp/jam
QUM	=	42	kend/jam
QMI	=	354,7	smp/jam
QMA	=	2303,9	smp/jam

*I*

Rasio berbelok:

$$P_{LT} = Q_{LT} / Q_{MV} = 645 / 4556 = 0,14$$

$$P_{RT} = Q_{LR} / Q_{MV} = 541 / 4556 = 0,12$$

$$P_T = P_{LT} + P_{RT} = 0,14 + 0,12 = 0,26$$

Rasio Jalan Minor / (Jalan. Utama + Minor) total.

untuk  $Q_{MI} = 354,7$  smp/jam dan  $Q_{MV} = 2658,6$  smp/jam, diperoleh nilai  $P_{MI} = Q_{MI} / Q_{MV} = 354,7 / 2658,6 = 0,133$

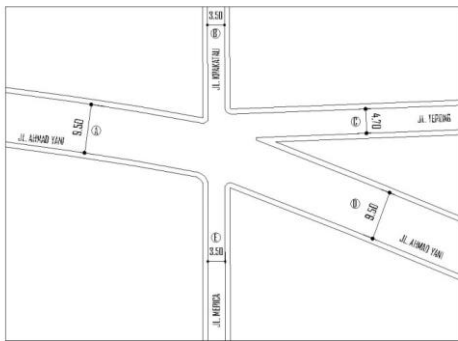
Rasio kendaraan tak bermotor ( UM / MV )  
Untuk  $Q_{UM} = 42$  kend/jam dan  $Q_{MV} = 4556$  kend/jam, diperoleh nilai  $P_{UM} = Q_{UM} / Q_{MV} = 42 / 2658,6 = 0,0092$ .

Data USIG-I di atas dipakai dalam perhitungan USIG-II pada:

- Eksisting
- Alternatif 1 : Pemasangan rambu larangan berhenti.
- Alternatif 2 :Kombinasi pelebaran jalan utama dan pemasangan rambu larangan berhenti.
- Alternatif 3 : Kombinasi pelebaran jalan utama, pemasangan rambu larangan berhenti,penerapan satu arah pada jalan Krakatau (B) dan jalan Merica (E).

## B. Formulir USIG-II

### 1. Eksisting



Gambar 8. Geometrik Simpang Kondisi Eksisting

#### a. Menentukan lebar pendekatan dan tipe simpang

##### 1) Lebar pendekatan jalan minor

Lebar pendekatan jalan minor Lengan B,  $W_B = 1,75$  m, Lengan C,  $W_C = 2,35$  m, Lengan E,  $W_E = 1,75$  m. Lebar rata-rata pendekat Jalan Minor  $W_{ACE} = 1,95$  m  $<$  5,5 m. didapat jumlah lajur total untuk kedua arah adalah 2.

##### 2) Lebar pendekat jalan utama

Lebar pendekat jalan utama Lengan A  $W_A = 4,75$  m, Lengan D  $W_D = 4,75$  m. Lebar rata-rata pendekat A dan D adalah  $W_{AD} = 4,75$  m  $<$  5,5 m. didapat jumlah lajur total untuk kedua arah adalah 2.

##### 3) Lebar pendekat rata-rata untuk jalan utama dan minor adalah

$$W_1 = (W_{utama} + W_{minor}) / 2 = (1,95 + 4,75) / 2 = 3,35 \text{ m.}$$

4) Tipe simpang untuk lengan simpang = 4, jumlah lajur pada pendekat jalan utama dan jalan minor masing-masing = 2, maka tipe simpang = 422.

#### b. Menentukan Kapasitas

##### 1) Kapasitas dasar ( $C_0$ )

Variabel masukan adalah tipe IT = 422, diperoleh kapasitas dasar  $C_0 = 2900$  smp/jam.

##### 2) Faktor Penyesuaian Kapasitas

###### a) Lebar pendekatan rata-rata ( $F_w$ )

Variabel masukan adalah lebar rata-rata semua pendekat  $W_1 = 3,35$  m dan tipe simpang IT = 422. Batas nilai yang diberikan digunakan rumus untuk klasifikasi IT yaitu :

- Untuk 422 :

$$F_w = 0,70 + 0,0866 W_1 = 0,70 + (0,0866 \times 3,35) = 0,99$$

Nilai  $F_w = 0,99$  diperoleh dari rumus untuk 422,

###### b) Median jalan utama ( $F_M$ )

Untuk jalan utama yang tidak ada median adalah  $F_M = 1$ .

###### c) Ukuran kota ( $F_{CS}$ )

Berdasarkan variabel jumlah penduduk Kota Metro tahun 2016 yaitu 160.729 jiwa didapat nilai  $F_{CS} = 0,88$

###### d) Hambatan samping ( $F_{RSU}$ )

Hambatan samping yang dipakai untuk perhitungan adalah hambatan samping pada jalan utama A.Yani. Berdasarkan data survei, Variabel kelas tipe lingkungan adalah Komersial, kelas hambatan samping (SF) adalah tinggi, akibat dari kendaraan bermotor dan rasio kendaraan tak bermotor (UM/MV) = 0,0092 (USIG-1, baris 33, kolom 12). Didapat nilai  $F_{RSU} = 0,9208$  dihitung dengan menggunakan interpolasi

###### e) Belok kiri ( $F_{LT}$ )

Variabel masukan adalah rasio belok kiri  $p_{LT} = 0,14$  (USIG-1, baris 29, kolom 11). Batas nilai yang diberikan adalah pada Grafik atau digunakan rumus:  $F_{LT} = 0,84 + 1,61 p_{LT}$ . Didapat nilai  $F_{LT} = 1,068$

###### f) Belok Kanan ( $F_{RT}$ )

Variabel masukan adalah rasio belok kanan  $p_{RT} = 0,12$  (USIG-1, baris 30, kolom 11). Batas nilai yang diberikan untuk simpang 4 lengan,  $F_{RT} = 1$ .

###### g) Rasio minor/total ( $F_{MI}$ )

Variabel masukan adalah rasio arus jalan minor  $P_{MI} = 0,133$  (USIG-1, baris 33, kolom 10) dan tipe simpang IT = 422. Batas nilai yang diberikan untuk  $F_{MI}$  adalah dengan menggunakan rumus pada Tabel 2.8 untuk IT = 422. Diperoleh  $F_{MI} = 1,052$

###### h) Kapasitas ( $C$ )

Berdasarkan Rumus diperoleh :

$$C = CO \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI}$$

$$= 2900 \times 0,99 \times 1 \times 0,88 \times 0,9208 \times 1,068 \times 1 \times 1,052$$

$$= 2614,93 \text{ smp/jam.}$$

**c. Perilaku Lalu lintas**

1) Arus Lalulintas ( Q )

Arus lalulintas total  $Q_{MV} = 2658,6$  smp/jam diperoleh dari formulir (USIG-1, baris 32, kolom 10).

2) Derajat Kejenuhan ( DS )

Dengan Rumus untuk  $Q_{MV} = 2658,6$  smp/jam dan  $C = 2614,93$  smp/jam didapat  $DS = Q_{MV} / C = 2658,6/2614,93 = 1,0167$

3)Tundaan Lalulintas

a. Tundaan lalulintas simpang (  $DT_I$  )

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan  $DS = 1,0167$ .  $DT_I$  ditentukan dari kurva empiris antara  $DT_I$  dan  $DS$  ditentukan dengan rumus:

$$DT = 2 + 8,2078 DS - 2(1-DS) \dots \dots \dots \text{untuk } DS \leq 0,6$$

$$DT = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - (1-DS) \times 2 \dots \dots \dots \text{untuk } DS > 0,6$$

Maka:

$$DT = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times 1,0167) - (1 - 1,0167) \times 2$$

$$DT = 15,81$$

diperoleh nilai  $DT_I = 15,81$  dari perhitungan dengan rumus untuk  $DS > 0,6$

b. Tundaan lalulintas jalan utama

(  $DT_{MA}$  )

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan  $DS = 1,0167$ .  $DT_{MA}$  ditentukan dengan rumus antara  $DT_{MA}$  dan  $DS$ :

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 DS - 1,8(1DS) \text{ untuk } DS \leq 0,6$$

$$DT_{MA} = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - 1,8(1-DS) \text{ untuk } DS > 0,6$$

Maka:

$$DT_{MA} = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times 1,0167) - 1,8(1-1,0167)$$

$$DT_{MA} = 10,98$$

c. Tundaan lalulintas jalan minor

(  $DT_{MI}$  )

Variabel masukan adalah: Arus lalulintas total  $Q_{MV} = 2658,6$  smp/jam (USIG-1, baris 32, kolom 10), Tundaan lalulintas simpang  $DT_I = 15,81$  , Arus lalulintas jalan utama  $Q_{MA} = 2303,9$  smp/jam (USIG-1, baris 26, kolom 10), Tundaan lalulintas jalan utama  $DT_{MA} = 10,98$  , Arus jalan minor  $Q_{MI} = 354,7$  smp/jam (USIG-1, baris 28, kolom 10). Dengan Rumus didapat nilai:

$$DT_{MI} = (Q_{MV} \times DT - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI}$$

$$DT_{MI} = (2658,6 \times 15,81 - 2303,9 \times 10,98) / 354,7$$

$$DT_{MI} = 47,14$$

d. Tundaan geometrik simpang

( DG )

Untuk nilai  $DS > 1$ , maka nilai DG adalah: 4 .

e. Tundaan simpang ( D )

Nilai Tundaan Simpang ( D ) ditentukan dengan rumus:

$$D = DG + DT$$

$$D = 4 + 15,81$$

$$D = 19,81$$

f. Peluang Antrian ( QP % )

Variabel masukan adalah derajat kejenuhan  $DS = 1,0167$  Rentang nilai Peluang antrian dapat dihitung menggunakan Rumus sebagai berikut:

$$QP \% = 47,71 DS - 24,68 DS^2 + 56,47 DS^3 \dots \dots \dots \text{nilai atas}$$

$$= (47,71 \times 1,0167) - (24,68 \times 1,0167^2) + (56,47 \times 1,0167^3)$$

$$= 82,34$$

$$QP \% = 9,02 DS + 20,66 DS^2 + 10,49 DS^3 \dots \dots \dots \text{nilai bawah}$$

$$= (9,02 \times 1,0167) + (20,66 \times 1,0167^2) + (10,49 \times 1,0167^3)$$

$$= 41,55$$

Dengan rumus diatas didapat rentang nilai peluang antrian  $QP \% = 41,55 - 82,34$

Tabel 9. Hasil Pengolahan Data pada Kondisi Eksisting

Kapasitas Dasar ( Co ) smp/jam	2900
Kapasitas ( C ) smp/jam	2614,93
Arus Lalulintas ( Q ) smp/jam	2658,6
Derajat Kejenuhan ( DS )	1,0167
Tundaan ( D ) det/smp	19,81
Peluang Antrian ( QP ) %	41,55–82,34

Sumber: Hasil analisis data survey

Dari hasil analisis pada kondisi Eksisting didapatkan nilai kapasitas sebesar = 2614,93 smp/jam, arus lalulintas = 2658,6 smp/jam, tundaan = 19,81 det/jam sehingga menghasilkan derajat kejenuhan (DS) sebesar = 1,0167, nilai ini jauh dari nilai derajat kejenuhan yang di sarankan oleh MKJI 1997 yaitu DS sebesar = 0,75. Dikarenakan nilai DS nya melebihi nilai yang disarankan oleh MKJI 1997 maka perlu diadakan rekayasa perancangan. Rakayasa yang akan dilakukan adalah pemasangan rambu larangan berhenti (alternatif 1), kombinasi pelebaran jalan utama dan pemasangan rambu larangan berhenti (alternatif 2), kombinasi pelebaran jalan utama, pemasangan rambu larangan berhenti, dan penerapan arus satu arah pada jalan Krakatau (B) dan jalan Merica (E) (Alternatif 3)

### Alternatif 1 : Pemasangan Rambu Larangan Berhenti

Tabel 10. Hasil Pengolahan Data pada Alternatif 1

Kapasitas Dasar ( Co ) smp/jam	2900
Kapasitas ( C ) smp/jam	2671,73
Arus Lalulintas ( Q ) smp/jam	2658,6
Derajat Kejenuhan ( DS )	0,9551
Tundaan ( D ) det/smp	18,78
Peluang Antrian ( QP ) %	36,6 – 71,25

Sumber: Hasil analisis data survey

### Alternatif 2 : Pemasangan Rambu Larangan Berhenti dan Pelebaran Jalan Utama

Tabel 11. Hasil Pengolahan Data pada Alternatif 2

Kapasitas Dasar ( Co ) smp/jam	3400
Kapasitas ( C ) smp/jam	3139,27
Arus Lalulintas ( Q ) smp/jam	2658,6
Derajat Kejenuhan ( DS )	0,8469
Tundaan ( D ) det/smp	14,03
Peluang Antrian ( QP ) %	28,8 – 57

Sumber: Hasil analisis data survey

### Alternatif 3 : Pemasangan Rambu Larangan Berhenti, Pelebaran Jalan Utama, dan Penerapan Satu Arah pada Jalan Minor B,E

Tabel 12. Hasil Pengolahan Data pada Alternatif 3

Kapasitas Dasar ( Co ) smp/jam	3400
Kapasitas ( C ) smp/jam	4171,25
Arus Lalulintas ( Q ) smp/jam	2413,7
Derajat Kejenuhan ( DS )	0,5787
Tundaan ( D ) det/smp	9,74
Peluang Antrian ( QP ) %	14,17 – 30,28

Sumber: Hasil analisis data survey

Tabel 13. Hasil Analisis Simpang

No	Kondisi Simpang	Arus Lalu lintas (Q) smp/jam	Kapasitas C (smp/jam)	Derajat Kejenuhan (DS)	Tundaan (D) detik/jam
1	Eksisting	2658,6	2614,93	1,0167	19,81
2	Alternatif 1	2658,6	2671,73	0,9551	18,78
3	Alternatif 2	2658,6	3139,37	0,8469	14,03
4	Alternatif 3	2413,7	4171,25	0,5787	9,74

Sumber: Hasil analisis data

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kinerja simpang Chamart jalan A.Yani, jalan Krakatau, jalan Terong dan jalan Merica pada kondisi Eksisting dengan melihat volume lalu lintas harian pada jam puncak menunjukkan nilai Kapasitas = 2614,93 smp/jam, Derajat Kejenuhan sebesar 1,0167, Tundaan = 19,81det/jam, dan Peluang Antrian sebesar 41,55%–82,34%. Nilai Tundaan dan Peluang Antrian tersebut sangat tinggi. Terlihat pada nilai Derajat Kejenuhan lebih besar dari nilai yang disarankan oleh MKJI 1997 yaitu  $DS \leq 0,75$ , sehingga alternatif pemecahan masalah dengan manajemen simpang tak bersinyal di perlukan untuk mendapatkan kapasitas yang memadai bagi arus lalulintas pada jam puncak untuk menghasilkan nilai Tundaan, Derajat Kejenuhan, Peluang Antrian yang sesuai.
2. Setelah diterapkan Alternatif 3 yaitu dengan pemasangan rambu larangan

berhenti di sekitar pendekat simpang, pelebaran jalan Utama, arus satu arah pada Jl.krakatau (B) dan Jl.Merica (E) didapatkan nilai Kapasitas = 4171,25 smp/jam, Derajat Kejenuhan sebesar 0,5787, Tundaan = 9,74 det/jam,dan Peluang Antrian sebesar 14,17%–30,28%.

### Saran

Saran yang dapat di berikan pada Persimpangan Chamart jalan A.Yani, jalan Krakatau, jalan Terong dan jalan Merica adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya pengaturan pada Persimpangan agar lebih baik dengan pemasangan Rambu larangan Berhenti pada jalur Pendekat simpang khususnya pada Jalan Utama.
2. Pelebaran Jalur masuk Simpang pada Jalan Utama sesuai dengan yang direncanakan untuk meningkatkan Kinerja Simpang.
3. Menerapkan arus lalu lintas satu arah pada Jalan Krakatau dan Jalan Merica.
4. Perlu adanya studi lanjutan analisis yang lebih luas dengan mengkoordinasikan Persimpangan jalan A.Yani, jalan Krakatau, jalan Terong dan jalan Merica dengan simpang lain yang ada di sekitarnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alexandre Ivo, 2011, *Analisis Lalu Lintas Simpang Tiga Tak Bersinyal (Studi Kasus Pada Pertigaan Jalan Ahmad Yani, Kupang – Nusa Tenggara Timur)*, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Alfian Ade, 2013, *Manajemen Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal Jembatan I Samarinda Ilir*, Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur, Vol 1, No. 2
- Dirjen Bina Marga DPU, (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga,

Departemen Pekerjaan Umum,  
Jakarta.

*Research Record* 667,  
Transportation Research Board,  
Washington, D.C, USA.

Hobbs, F.D (1979), *Traffic Planning and Engineering* Published by Pergamon Press

Juniardi, 2010, *Analisis Arus Lalulintas di Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus Simpang Timoho dan Simpang Tunjung Kota Yogyakarta)*, Jurnal Ilmiah Media Komunikasi Teknik Sipil, Tahun 18, Nomor 1, pp. 1-12

Lestarini, 2011, *Perencanaan Sinyal Lalu Lintas Pada Simpang Tak Bersinyal (Studi Khusus Simpang Kalierang Wonosobo)*, Jurnal FASTIKOM, Vol. 1

McShane, W.R., Roess, R.P., (1990), *Traffic Engineering*, Prentice Hall, Inc., Englewood, New Jersey.

Pignataro, L.J. (1973), *Traffic Engineering, Theory and Practice*, Prentice Hall, Inc., Englewood, New Jersey.

Rizky Mufti Aqsha, (2009), *Kajian Kinerja Persimpangan Tidak Bersinyal pada Persimpangan Jalan Soekarno Hatta-Jalan Jendral Sudirman-Jalan Cut Nyak Dien*, Sumatra Utara.

Salter, R.J. (1978), *Highway Traffic Analysis and Design.*, Published by The Macmillan Press Ltd.

Salter, R.J. (1983), *Traffic Engineering.*, University of Bradford.

Warpani Suwardjoko, (2002), *Pengelolaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Zegeer,C.V, Deen, R.C (1978), *Traffic Conflict As A Diagnostic Tool in Highway Safety*,Transportation