

## PERENCANAAN LAMPU PENGATUR LALU LINTAS PADA PERSIMPANGAN JALAN A.A. MARAMIS DAN JALAN RING-ROAD II MENGGUNAKAN METODE MKJI 1997

Fadly Andre Tuda

James A. Timboeleng, Steve Ch. N. Palenewen

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [fadlyandre@gmail.com](mailto:fadlyandre@gmail.com)

### ABSTRAK

*Persimpangan merupakan sumber konflik lalu lintas dimana arus lalu lintas bertemu dan berpotongan. Persimpangan empat lengan di jalan A.A. Maramis dan jalan Ring Road II merupakan salah satu lokasi dengan banyak intensitas kendaraan akibat perpotongan arus lalu lintas yang tidak teratur karena tidak terdapatnya lampu pengatur lalu lintas serta rambu-rambu lalu lintas sehingga di lokasi persimpangan sering terjadi antrian dan tundaan pada tiap lengan persimpangan.*

*Tujuan penelitian ini antara lain untuk mengetahui besarnya volume arus lalu lintas untuk setiap arah dari semua pendekat, serta situasi dan kondisi lalu lintas tanpa sinyal pada persimpangan sebelum dilakukan perencanaan pengaturan fase sinyal yang sesuai kondisi geometri, arus lalu lintas dan lingkungan persimpangan. Penelitian dimulai dengan pengukuran awal data geometrik lengan persimpangan kemudian mengambil data volume lalu lintas dengan melakukan survey selama 6 hari pada tanggal 13,16, 20, 23, 25 dan 27 November 2017 dari jam 08.00 – 20.00.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting didapat data arus lalu lintas ( $Q$ ) = 4288 smp/jam, nilai DS 1,064, tundaan lalu lintas simpang 18,59, dengan tipe simpang 444. Setelah dilakukan perencanaan lampu dengan 4 fase sinyal di mana terdapat LTOR untuk semua arah lengan simpang. Fase 1 dimulai pada Pendekat Bandara, Fase 2 pada Pendekat Ring Road, Fase 3 pada pendekat Kairagi dan pendekat Pandu Fase 4. Didapat waktu siklus 131 detik, waktu hijau Fase 1 (44 detik), Fase 2 (15 detik), Fase 3 (48 detik), Fase 4 (6 detik) dengan nilai DS 0.876, kendaraan henti rata-rata 0,706 stop/smp serta tundaan simpang rata-rata 50,24 det/smp. Dari hasil analisa nilai DS telah melebihi angka 0,75 artinya tidak terlalu efektif dan sering terjadi kemacetan sehingga didapat tundaan yang besar pada simpang dan untuk mengatasinya dilakukan pelebaran jalan pada semua arah lengan simpang dengan menambahkan jalur khusus untuk belok kiri langsung sebesar 2,5 m. Untuk pengaturan fase sinyal sama seperti sebelumnya sehingga di dapat waktu siklus 73 detik dengan waktu hijau fase 1 (21 detik), fase 2 (7 detik), fase 3 (23 detik) dan fase 4 (3 detik). Untuk nilai DS menjadi 0,745 dengan tundaan simpang rata-rata 28,25 det/smp serta tundaan simpang rata-rata 0,597 stop/smp.*

**Kata Kunci :** Derajat Kejenuhan, Tundaan Simpang, Peluang Antrian

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Simpang jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana arus lalu lintas bertemu dan mengakibatkan terjadinya konflik arus kendaraan yang berpotongan. Simpang merupakan daerah yang paling kritis dalam melayani arus lalu lintas dan merupakan tempat yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadinya konflik antara kendaraan yang satu dengan kendaraan lainnya.. konflik-konflik inilah yang akan mempengaruhi baik buruknya kinerja suatu simpang, serta yang menimbulkan masalah berupa penurunan kecepatan, peningkatan tundaan, dan antrian kendaraan.

Daerah di sekitar persimpangan Jalan A. A Maramis, dan Jalan Ring Road II termasuk kawasan bisnis dan perumahan, sehingga memiliki lalu lintas yang kompleks dan tingkat pertumbuhan lalu lintas yang cepat. banyaknya intensitas kendaraan yang menuju Bandara Sam Ratulangi dari pusat kota dan dari pusat kota ke arah Ring Road I menyebabkan intensitas lalu lintas mengalami tundaan arus lalu lintas dengan banyaknya konflik di persimpangan ini, terutama pada jam-jam sibuk karena kurangnya fasilitas seperti lampu lalu lintas dan rambu-rambu lalu lintas, sehingga kendaraan berlalu lintas tanpa beraturan yang dapat menyebabkan kurangnya keamanan dan keselamatan dalam berkendara.

Untuk menanggulangi kondisi diatas perlu adanya sistem pengaturan *traffic light* yang optimal dan dapat dilakukan dengan menghitung data-data dan jumlah kendaraan yang ada. penelitian ini bertujuan untuk menganalisa serta menghitung waktu siklus, waktu hijau dari tiap-tiap fase lampu lalu lintas di mulut persimpangan jalan berdasarkan volume dan arus jenuh pada mulut simpang. dengan penelitian ini diharapkan dapat menciptakan pergerakan dan hak berjalan secara bergantian dan teratur agar terlaksananya kondisi yang aman dalam berlalu lintas.

### Rumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana mengatasi konflik arus lalu lintas dan mengurangi resiko kecelakaan pada persimpangan Jalan A.A. Maramis dan Jalan Ring Road II dengan simulasi tipe *traffic light*.

### Tujuan Penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui situasi dan kondisi lalu lintas tanpa sinyal pada persimpangan yang untuk memperoleh perbandingan.
2. Mengetahui besarnya volume arus lalu lintas untuk setiap arah dari semua pendekatan.
3. Merencanakan pengaturan fase sinyal yang sesuai kondisi arus lalu lintas dan persimpangan.

### Manfaat Penulisan

1. Agar Pergerakan kendaraan dapat terkoordinasi dengan baik dan meminimalkan kemacetan yang terjadi di persimpangan.
2. Memperlancar pergerakan arus lalu lintas ke semua arah dari masing-masing lengan persimpangan.

### Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

1. Daerah yang ditinjau adalah pertemuan sebidang bercabang empat (simpang empat lengan).
2. Dasar perencanaan yang di gunakan dalam pembahasan adalah metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997)
3. Data primer arus lalu lintas diambil dari pengamatan lapangan yang dilakukan pada jam sibuk pagi, siang dan sore.
4. Data sekunder arus lalu lintas diperoleh dari instansi terkait.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Persimpangan

Persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemu dan lintasan arus kendaraan berpotongan. persimpangan merupakan bagian yang terpenting dari jalan raya sebab sebagian besar akan tergantung dari efisiensi, kapasitas lalu lintas, kecepatan, biaya operasi, waktu perjalanan, keamanan dan kenyamanan. masalah-masalah seperti kemacetan dan kecelakaan lalu lintas pada persimpangan dapat diminimalisir dengan melakukan beberapa tindakan perbaikan kondisi persimpangan tersebut. Perbaikan ini dapat dilakukan pada kondisi geometrik persimpangan seperti penambahan lebar perkerasan pada pendekatan masuk persimpangan dari ruas jalan yang sering mengalami kemacetan atau perubahan pengendali persimpangan dengan memasang lampu lalu lintas dengan perencanaan dan analisa yang tepat.

### Elemen-elemen Dasar Perencanaan Lalu lintas Volume lalu lintas

Volume lalu lintas di definisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada jalur pergerakan dalam suatu periode pengamatan (Wells, 1988)

### Variasi lalu lintas menurut waktu

Variasi lalu lintas menurut waktu dapat di golongankan dalam 3 kelompok yaitu:

- a. Variasi akibat pertumbuhan disebabkan oleh berapa hal:
  - Akibat perubahan rute moda
  - Perubahan arah dan tujuan
  - Perubahan tata guna lahan
- b. Variasi berkala  
Perubahan arus lalu lintas terjadi pada saat tertentu saja seperti saat jam-jam sibuk.
- c. Perubahan arus lalu lintas yang terjadi tidak teratur seperti saat lebaran, atau pada saat liburan.

### Satuan mobil penumpang.

Volume lalu lintas yang melewati suatu jalur pergerakan tertentu terdiri atas jenis kendaraan, fungsi, tujuan, ukuran, berat, kecepatan dan percepatan yang sangat bervariasi. perbedaan karakteristik terjadi karena untuk masing-masing jenis kendaraan memiliki pengaruh yang berbeda pula terhadap arus lalu lintas disekitarnya. oleh sebab itu diperlukan angka ekuivalen yang dapat menyatakan besarnya pengaruh suatu jenis

kendaraan terhadap arus lalu lintas di sekelilingnya. *passenger Car Unit (PCU)* atau satuan mobil penumpang (*smp*) merupakan suatu parameter yang menyatakan besarnya factor atau ekuivalensi pengaruh suatu kendaraan pada arus lalu lintas terhadap kendaraan standard (Well, 1998).

**Kapasitas**

Total Kapasitas untuk seluruh lengan persimpangan dihitung sebagai hasil antara suatu kapasitas dasar ( $C_0$ ) untuk suatu kelompok kondisi dugaan awal (ideal) dan faktor koreksi (F) dengan memperhitungkan pengaruh kondisi lapangan terhadap kapasitas.

Rumus dari model kapasitas ini adalah :

$$C = C_0 \times F_W \times F_M \times F_{CS} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI}$$

**Derajat Kejenuhan**

Derajat Kejenuhan untuk keseluruhan persimpangan ( $DS$ ), adalah:

$$DS = Q_{smp} / C$$

dimana :

$Q_{smp}$  = Total Arus ( *smp/jam* ) yang diperoleh dari rumus :  $Q_{smp} = Q_{kend} \times F_{smp}$   
 $C$  = Kapasitas (*smp/jam*)

**Tundaan ( D )**

Tundaan yang terjadi pada simpang dapat disebabkan karena :

1. Tundaan lalu lintas ( $DT$ ) akibat interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam simpang.
2. Tundaan geometrik ( $DG$ ) akibat perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tidak terganggu.

Tundaan geometrik ( $DG$ ) dapat diperoleh dengan rumus :

Untuk  $DS < 1,0$ :

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

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

**Kemungkinan Antrian (QP %)**

Kemungkinan antrian ditentukan berdasarkan kurva empiris dari hubungan dengan derajat kejenuhan. Manual kapasitas jalan ini dapat digunakan untuk berbagai penerapan seperti perencanaan, perancangan dan analisa operasional. Tujuan perencanaan adalah untuk mendapatkan denah dan ukuran geometrik yang

memenuhi sasaran yang ditetapkan untuk kondisi lalu lintas rencana tersebut.

**Pengertian lampu lalu lintas (Traffic Light)**

Lampu lalu lintas (menurut UU No. 22/2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan: Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas atau APILL) adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*) dan tempat arus lalu lintas lainnya. Pengaturan lalu lintas di persimpangan jalan dimaksudkan untuk mengatur pergerakan kendaraan pada masing-masing kelompok pergerakan kendaraan agar dapat bergerak secara bergantian sehingga tidak saling mengganggu antar-arus yang ada.

**Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang.**

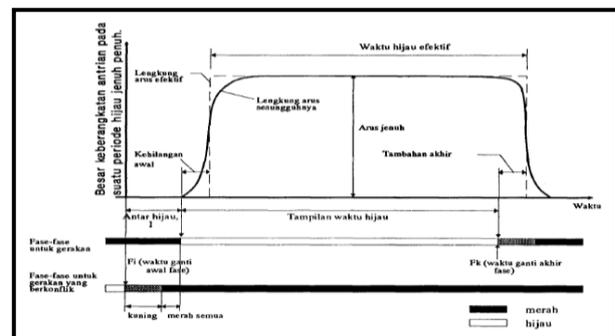
Waktu antar hijau merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari garis henti pada tiap kendaraan yang akan mengosongkan persimpangan dan kendaraan yang akan memasuki daerah persimpangan terhadap titik konflik.

Pada permulaan sinyal hijau terdapat waktu antar hijau mulai menyala dan kendaraan pertama bergerak. Ini merupakan *delay* yang dapat digambarkan sebagai *start loss* dari waktu hijau efektif. Kecepatan kendaraan mulai bergerak dari kecepatan rendah sampai normal, demikian pula dengan volume yang melewati garis henti makin bertambah hingga mencapai konstan. Pergerakan kendaraan yang melewati persimpangan selama sinyal hijau akan berakhir pada saat permulaan sinyal hijau kuning sampai nol dalam *end gain* dari waktu hijau efektif. *Start loss* dan *end-gain* ini disebut kehilangan waktu (*lost time*) dari waktu hijau efektif.

Waktu hijau dapat dihitung sebagai berikut:

Waktu Hijau Efektif

$$= \text{Waktu Hijau} - \text{Start Lost} + \text{End Gain}$$



Gambar 1. Model dasar untuk arus jenuh

Sumber: MKJI 1997

Sedangkan total kehilangan waktu dapat dihitung sebagai jumlah dari inter green periode.

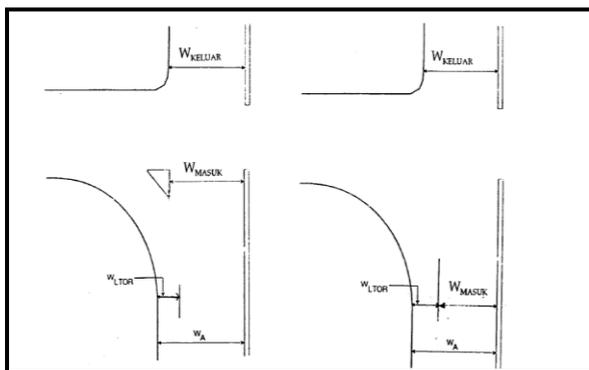
$$LT = (\text{Merah semua} + \text{Kuning}) = IG$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya diambil 3,0 detik.

**Penentuan Waktu Sinyal**

Penentuan waktu sinyal dimulai dengan menentukan lebar efektif ( $W_e$ ) dari setiap approach sehingga perlu diketahui lebar approach ( $W_a$ ) lebar masuk ( $W_{ENTRY}$ ) lebar keluar ( $W_{EXIT}$ ) dan rasio lalulintas berbelok.

Prosedur untuk approach dengan belok kiri langsung (LTOR) lebar efektif ( $W_e$ ) dapat dihitung untuk approach dengan pulau lalulintas, atau tanpa pulau, penentuan lebar masuk ( $W_{ENTRY}$ ) sebagaimana ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Pada keadaan terakhir ( $W_{ENTRY}$ ) =  $W_a - W_{LTOR}$ . Persamaan ini dapat digunakan untuk kedua keadaan tersebut.



Gambar 2. Penentuan Lebar Efektif  
Sumber: MKJI 1997

1. Jika  $W_{LTOR} \geq 2m$

Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam approach selama sinyal merah.

$$W_e = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} W_a - W_{LTOR} \\ W_{MASUK} \end{array} \right\}$$

Periksa lebar keluar (hanya untuk approach tipe P). Jika  $W_{EXIT} < W_e (1 - P_{RT})$ ,  $W_e$  sebaliknya diberi nilai baru yang sama dengan  $W_{EXIT}$ , dan Analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu-lintas lurus saja (yaitu  $Q = Q_{ST}$  pada formulir SIG IV kolom 18)

2. Jika  $W_{LTOR} \leq 2m$

Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR tidak mendahului antrian kendaraan lainnya dalam approach selama sinyal merah

$$W_e = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} W_a \\ W_{ENTRY} + W_{LTOR} \\ W_a \times 1 + P_{LTOR} - W_{LTOR} \end{array} \right\}$$

Periksa lebar keluar (hanya untuk approach tipe P). Jika  $W_{EXIT} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$ . Sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan  $W_{EXIT}$ .

**Waktu siklus**

Waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua)

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

dimana:

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang L (FRcrit)

Jika alternatif rencana fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari  $(IFR + LTI/c)$  adalah yang paling efisien.

**Waktu hijau (g)**

Waktu hijau untuk masing-masing fase adalah:

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

dimana:

$g_i$  = tampilan waktu hijau pada fase i (detik)

$C_{ua}$  = waktu siklus sebelum penyesuaian (detik)

LTI = waktu hilang total per siklus (detik)

$PR_i$  = ratio pada fase  $\frac{FR_{crit}}{\sum(FR_{crit})}$

**Waktu siklus yang disesuaikan (c)**

Waktu siklus yang disesuaikan berdasarkan pada waktu hijau dan waktu hilang LTI yang diperoleh dan telah dibulatkan

$$c = \sum g_i + LTI \text{ (detik)}$$

**Kapasitas**

Kapasitas C dari masing-masing approach adalah:

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

dimana:

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus (detik)

**Perilaku Lalu Lintas**

Untuk  $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25C \left[ (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8(DS - 0,5)}{c}} \right]$$

Untuk  $DS < 0,5$

$$NQ_1 = 0$$

dimana:

$NQ_1$  = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

DS = Derajat kejenuhan. .

GR = Rasio hijau.

C = Kapasitas (smp/jam)

= arus jenuh dikalikan rasio hijau ( $S \times GR$ ).

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

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

dimana:

$NQ_2$  = Jumlah smp yang datang selama rase merah.

DS = Derajat kejenuhan.

GR = Rasio hijau.

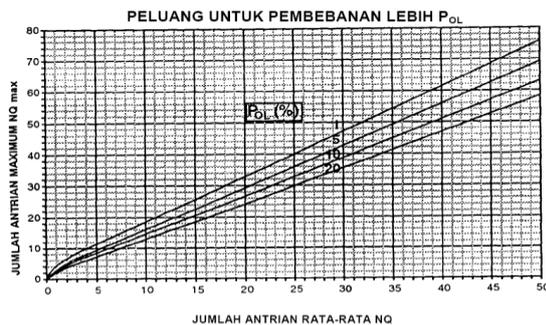
C = Waktu siklus (det).

$Q_{MASUK}$  = Arus lalu lintas pada tempat masuk diluar  $LTOR$ (smp/ jam).

Jumlah kendaraan antri dapat dihitung dengan menjumlahkan  $NQ_1$  dan  $NQ_2$ .

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

Nilai  $NQ$  perlu untuk disesuaikan dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih  $P_{OL}$  (%). Untuk perancangan dan perencanaan disarankan  $P_{OL} \leq 5 \%$



Gambar.3. Jumlah Kendaraan Antri (smp) yang Tersisa dari Fase Hijau yang Sebenarnya. Sumber : MKJI 1997

Untuk menghitung panjang antrian pada masing-masing kaki persimpangan digunakan rumus sebagai berikut :

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

dimana:

QL = Panjang antrian ( m ).

NQ = Jumlah antrian yang disesuaikan ( smp ).

20 = Asumsi luas rata-rata yang dipergunakan per smp.

**Keadaan Terhenti.**

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

$$NS = 0,9 \times [NQ / (Q \times c)] \times 3600$$

dimana:

C = Waktu siklus (det).

Q = Arus lalu lintas (smp/ jam).

Jumlah kendaraan terhenti ( $N_{sv}$ ) pada masing-masing pendekat dihitung dengan mengalikan Q dengan angka henti (NS).

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (smp/jam)}$$

Angka henti seluruh simpang dihitung dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kendaraan / jam.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOTAL}}$$

**Tundaan.**

Untuk setiap approach tundaan lalulintas rata-rata ( $DT_j$ ) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang adalah:

$$DT_j = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \text{ (detik/smp)}$$

dimana:

c = Waktu siklus yang disesuaikan (detik)

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

GR = Rasio hijau ( g/c )

DS = Derajat kejenuhan

$NQ_1$  = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau

C = Kapasita (smp/jam)

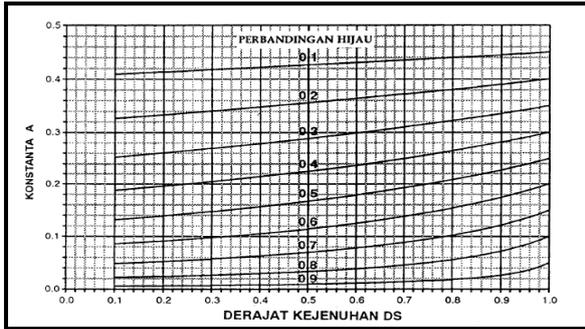
Untuk menentukan masing-masing approach tundaan geometrik rata-rata  $DG_j$  akibat perlambatan dan kecepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang atau ketika dihentikan oleh lampu merah

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

dimana:

$P_{sv}$  = Rasio kendaraan terhenti pada approach = Min (NS,1)

$P_T$  = Rasio kendaraan berbelok



Gambar.4. Penetapan Tundaan Lalulintas rata-rata DT

Sumber: MKJI 1997

Untuk tundaan rata-rata suatu approach (Dj) dapat dihitung dengan :

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

dimana:

$DT_j$  = Tundaan lalulintas rata-rata untuk approach j (detik/smp)

$DG_j$  = Tundaan geometrik rata-rata untuk approach j (detik/smp)

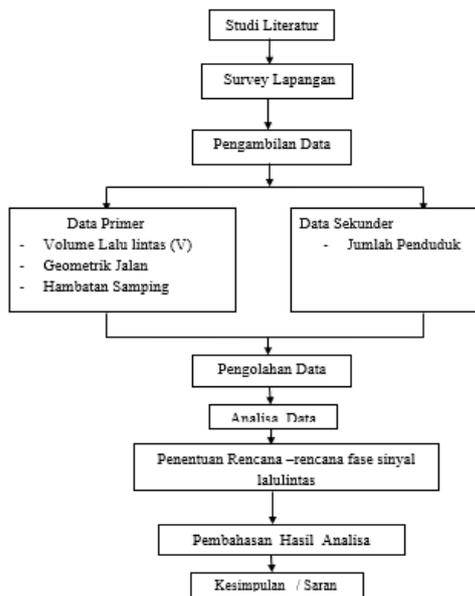
Untuk tundaan rata-rata seluruh simpang Dj dapat dihitung dengan :  $Q_{TOT}$

$$D1 = \frac{\sum(Q \times Dj)}{Q_{TOT}} \text{ detik/smp.}$$

Dari hasil perhitungan tundaan dapat diketahui besarnya tingkat pelayanan masing-masing Pendekat dan seluruh simpang.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bagan Alir Penelitian



Gambar 5. Bagan Alir

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan selama 6 hari pada tanggal 13, 16, 20, 23, 25, 27 november 2017. Data diambil setiap 15 menit di mulai dari jam 08.00 sampai jam 20.00. Berikut merupakan grafik Batang untuk LV + HV dari jam 08.00 – 20.00 untuk tiap pendekatan pada hari senin per 15 menit.

a) Pendekatan Bandara



Gambar 6 : Volume SMP/Jam per 15 menit Pendekat Bandara.

b) Pendekatan Kairagi



Gambar 7. Volume SMP/Jam per 15 menit Pendekat Kairagi

c) Pendekatan Ring-Road



Gambar 8. Volume SMP/Jam per 15 menit Pendekat Ring-road

d) Pendekatan Pandu

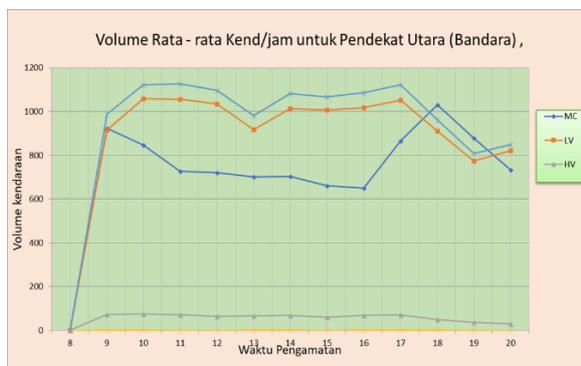


Gambar 9. Volume SMP/Jam per 15 menit Pendekat Pandu.

Dari grafik di atas dapat dilihat volume tertinggi di tiap 15 menit dari jam 08.00 sampai jam 20.00 untuk tiap pendekat. Kemudian diperlihatkan variasi volume tiap jenis kendaraan dalam satuan kendaraan/jam terhadap waktu survey, yaitu dari jam 08.00 sampai dengan 20.00 di pendekat Bandara, Kairagi, Ring-road dan Pandu

a) Pendekat Bandara

Pendekat Bandara yaitu jalur dengan arah pergerakan dari Bandara jalan terus ke arah Kairagi, belok kanan ke arah Pandu dan belok kiri ke arah Ring-road I. Volume rata-rata pendekat arah bandara jam puncak pendekat ini terjadi pada pada jam 18.00 dengan volume MC sebesar 1031 kend/jam sedangkan untuk LV + HV jam puncak terjadi pada jam 17.00 dengan volume sebesar 1123 kend/jam. Di tampilkan dalam bentuk gambar grafik di bawah ini.

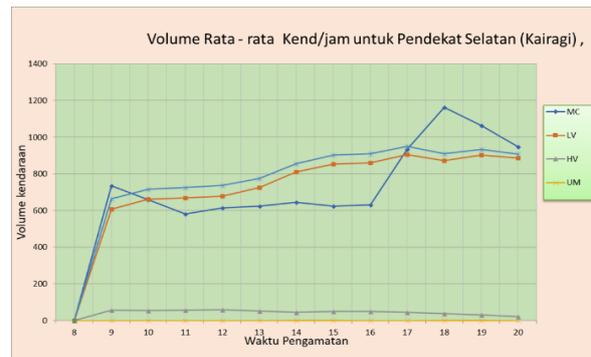


Gambar 10. Volume rata-rata Kendaraan / jam pendekatan Bandara.

b) Pendekat kairagi

Pendekat kairagi yaitu jalur dengan arah pergerakan dari Kairagi jalan terus ke arah

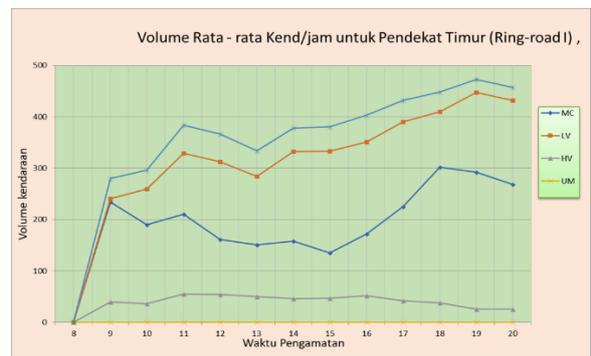
Bandara, belok kanan ke arah Ring-road I dan belok kiri ke arah Pandu. Volume rata-rata pendekat Kairagi Jam puncak untuk MC terjadi pada jam 18.00 dengan volume sebesar 1162 kend/jam sedangkan untuk LV + HV jam puncak terjadi pada jam 17.00 dengan volume sebesar 950 kend/jam. Ditampilkan dalam grafik di bawah ini.



Gambar 11. Volume rata-rata Kendaraan / jam pendekatan Kairagi,

c) Pendekat Ring-road.

Pendekat Ring-road yaitu jalur dengan arah pergerakan dari Ring-road I jalan terus ke arah Pandu, belok kanan ke arah Bandara dan belok kiri ke arah Kairagi. Volume rata-rata pendekat Ring-rod I jam puncak untuk MC terjadi pada jam 18.00 dengan volume sebesar 302 kend/jam sedangkan untuk LV + HV jam puncak terjadi pada jam 19.00 dengan volume sebesar 473 kend/jam. Ditampilkan dalam grafik di bawah ini.

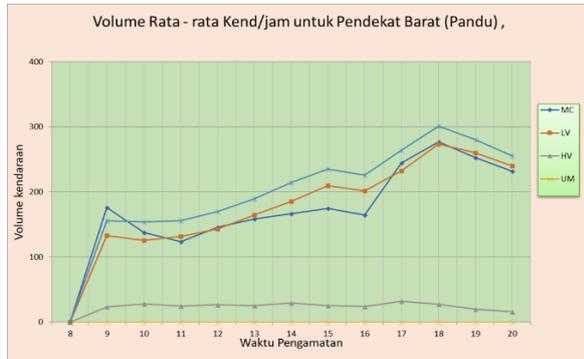


Gambar 12. Volume rata-rata Kendaraan / jam pendekatan Ring-road I

d) Pendekat Pandu

Pendekat Pandu yaitu jalur dengan arah pergerakan dari Pandu jalan terus ke arah Ring-road I, belok kanan ke arah Kairagi dan

belok kiri ke arah Bandara. Volume rata-rata pendekat Pandu jam puncak untuk MC terjadi pada jam 18.00 dengan volume sebesar 277 kend/jam sedangkan untuk LV + HV jam puncak terjadi pada jam 18.00 dengan volume sebesar 301 kend/jam. Ditampilkan dalam grafik di bawah ini.



Gambar 13. Volume rata-rata Kendaraan / jam pendekatan Pandu

**Analisa Kapasitas Simpang tidak bersinyal untuk kondisi Eksisting.**

Untuk menganalisa persimpangan yang terjadi di jalan A. Maramis dan jalan Ring-road II ,dipakai data jam puncak tertinggi kendaraan tiap pendekat dari 6 hari pengambilan data dan dibuat presentase jumlah kendaraan. Perhitungan kinerja persimpangan ditampilkan dalam bentuk Tabel sesuai MKJI 1997 Simpang tidak Bersinyal ( Formulir USIG-I sampai dengan USIG-II).

**Formulir USIG – I**

Geometrik, dan Arus Lalulintas. Pada Tabel data arus lalulintas rata-rata per hari pada semua pendekatan, diperlihatkan tiap jenis kendaraan LV,HV, dan MC dibagi sesuai dengan pendekat masing-masing berdasarkan proporsi yang telah didapatkan sebelumnya. Tiap jenis kendaraan ini (LV, HV, MC) yang masih dalam satuan kendaraan per jam, kemudian dikonversikan ke dalam smp/jam dilakukan dengan mengalikan emp yang tercatat pada formulir (LV=1,0 ; HV=1,3 ; MC=0,5).

Perhitungan Rasio belok, yaitu belok kiri dan Belok Kanan sesuai masing-masing pendekat. Perhitungan Rasio Jl. Minor / total Jl. Utama dan Minor, perhitungan rasio UM/MV juga diikut sertakan.

Tabel 1. USIG-I

SIMPANG TAK BERSINYAL		Tanggal : November 2017		Ditangani di: Fadly Andre Tuda								
FORMULIR USIG-I :		Kota : Manado		Provinsi : Sulawesi Utara								
GEOMETRI		Jalan Utar: Kairagi, Bandara										
ARUS LALU LINTAS		Jalan Min: RingRoad, Pandu										
		Soal :										
Geometrik Simpang			Arus Lalu Lintas									
Median Jalan utama		L	LV %	HV %	MC %	Faktor smp	Faktor - k	Kend.Tak				
1 Komposisi Lalu Lintas												
Arus Lalu Lintas		Arah	Kendaraan Ringan	Kendaraan Berat	Sepeda Motor	Kendaraan Bermotor total	MV	Bermotor				
Pendekat			Emp = 1,0 smp/jam	Emp = 1,3 smp/jam	Emp = 0,5 smp/jam		Rasio	UM				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)				
2 Jln.Minor C		LT/LTOR	150	150	7	9	153	76	309	235	0,31	
		ST	55	55	10	13	61	31	127	99		
		RT	300	300	16	21	215	108	531	428	0,56	
4		Total	505	505	33	43	429	215	967	762		
6 Jln.Minor D		LT/LTOR	155	155	12	15	246	123	413	299	0,55	
		ST	63	63	22	28	73	36	158	128		
		RT	55	55	7	10	88	44	151	109	0,21	
9		Total	273	273	41	53	407	204	721	530		
10 Jln.Minor Total C + D			778	778	74	96	836	418	1688	1292		
11 Jl.Utama A		LT/LTOR	186	186	10	13	140	70	336	269	0,16	
		ST	801	801	28	36	866	433	1695	1270	0	
		RT	61	61	3	4	94	47	159	113	0,07	
14		Total	1048	1048	41	53	1101	550	2190	1652		
15 Jl.Utama B		LT/LTOR	71	71	6	8	90	45	167	123	0,08	
		ST	833	833	30	39	865	493	1818	1364		
		RT	83	83	11	14	72	36	165	113	0,08	
18		Total	986	986	46	60	1148	574	2180	1620		
19 Jl.Utama Total A + B			2034	2034	87	114	2249	1124	4370	3272		
20 Utama + Minor		LT/LTOR	561	561	35	45	629	314	1225	921	0,20	
		ST	1752	1752	89	116	1986	993	3827	2861	2,00	
		RT	499	499	37	49	470	235	1007	783	0,17	
23		Total	2812	2812	161	210	3085	1543	6058	4564	0,37	
24		Rasio Jl. Minor / (Jl. Utama + Minor) Total						0,283	UM/MV	0,0005		

Sumber: Hasil analisis Fadly. 2017

**Formulir USIG – II**

Lebar pendekat dan tipe simpang, Kapasitas, Derajat Kejenuhan, Tundaan, Peluang Antrian. Lebar pendekat digunakan sesuai yang diukur di lapangan, yaitu Jl. Utama Pendekat Bandara 16 m, dan Pendekat Kairagi 16 m dan Jl. Minor Pendekat Ring-road I 18 m dan Pendekatan Pandu 18 m. Kode simpang yang digunakan adalah 444 sesuai Tabel 2.8. Karena menggunakan kode simpang 444, maka Kapasitas dasar (Co) yang digunakan sesuai Tabel 2. adalah 3400 smp/jam.

Untuk mendapatkan nilai Kapasitas yang diuraikan pada Tabel 2, maka terlebih dahulu harus menghitung Faktor penyesuaian kapasitas (F) yaitu, Lebar pendekat rata-rata (Fw), Median jalan utama (FM), Ukuran Kota (FCS), Hambatan Sampung (FRSU), Belok kiri (FLT), Belok Kanan (FRT) dan Rasio minor / total (FMI). Sehingga nilai kapasitas diperoleh dengan rumus :

$$C = Co \times Fw \times FM \times FCS \times FRSU \times FLT \times FRT \times FMI$$

Perhitungan Derajat Kejenuhan diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$DS = Q_{TOT} / C$$

Tundaan terbagi menjadi Tundaan lalulintas simpang, Tundaan lalulintas Jl. Utama, Tundaan lalulintas Jl. Minor, Tundaan geometric simpang, dan Tundaan simpang. Sedangkan peluang antrian dapat ditentukan dengan menggunakan Grafik yang ada di MKJI 1997 hal 3 – 43.

Contoh Perhitungan secara rinci mengenai USIG-II akan diuraikan dibawah ini.

Tabel 2. USIG-II

SIMPANG TAK BERSINYAL		Tanggal : November 2017		Ditangani oleh: Fady Andre Tuda							
FORMULIR USIG-I :		Kota : Manado		Provinsi : Sulawesi Utara							
GEOMETRI		Jalan Utama : Kairagi, Bandara									
ARUS LALU LINTAS		Jalan Minor : Ring-Road I, Pandu									
		Soal :									
1. Lebar Pendekat dan tipe Simping											
Pilihan	Jumlah Lengan Simping	Lebar Pendekat (m)						Jumlah Lajur Gambar B-12 (MKJI)	Tipe Simping Tbl.B		
		Jalan Minor			Jalan Utama						
		Wc	Wb	Wcd	Wa	Wb	Wsa	Lebar Pendekat rata-rata Wt	Jalan Minor	Jalan Utama	1 : 1 (MKJI)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	4	8	8	8	7	7	7	7.50	4	4	444
2. Kapasitas											
Pilihan	Kapasitas Dasar CO Smp/jam	Faktor penyesuaian Kapasitas (F)								Kapasitas C Smp/jam	
		Lebar Pendekat Rata - Rata	Medan Jalan Utama	Ukuran Kota	Hambatan Samping	Belok Kiri	Belok Kanan	Rasio minor/total			
	Tbl.B - 2:1 (20)	Fw Gbr.B - 3:1 (21)	Ftu Tbl.B - 4:1 (22)	Fcs Tbl.B - 5:1 (23)	Fsu Tbl.B - 6:1 (24)	Flt Gbr.B - 7:1 (25)	Frt Gbr.B - 8:1 (26)	Fwt Gbr.B - 9:1 (27)			
1	3400	1.165	1.2	0.94	0.94	1.16	1.0000	0.8767		4288.7749	
3 Perilaku Lalu - lintas											
Pilihan	Arus Lalu - lintas Q Smp/jam USIG-I	Derajat Kejenuhan (DS)	Tundaan Lalu - lintas Simping	Tundaan Lalu - lintas Jalan Utama	Tundaan Lalu - lintas Jl. Minor	Tundaan Geometrik Simping	Tundaan Simping	Peluang Antrian (QP%) Gbr.C - 3:1	Sasaran		
										Brs.23-Kol 10 (30)	(30)/(28) (31)
1	4564	1.064	18.59617421	12.59124569	33.80038116	3.992	22.588	45.146			

Sumber: Hasil analisis Fadly. 2017.

**Analisa Simping Bersinyal**

Persimpangan ditampilkan dalam bentuk Tabel sesuai MKJI 1997 Simping Bersinyal (Formulir SIG-I sampai dengan SIG-V).

**Formulir SIG-I**

*Geometrik, Pengaturan Lalulintas dan Lingkungan.* Pada Tabel 3 diperlihatkan nilai waktu siklus (c), waktu hijau (g), jumlah fase, waktu hilang total (LTI) dan waktu antar hijau (IG). Juga, lebar tiap pendekat (WA), lebar masuk (WMASUK), lebar belok kiri langsung (WLTOR) dan lebar keluar (WKELUAR). Tipe lingkungan pada persimpangan ini adalah daerah Comersil (COM), dengan hambatan samping Sedang, dimana tipe lingkungan ini merupakan faktor yang akan mempengaruhi besaran Arus Jenuh (S).

Tabel 3. SIG-I

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : November 2017		Ditangani oleh : Fady Andre Tuda						
FORMULIR SIG-I :		Kota : Manado		Provinsi : Sulawesi Utara						
GEOMETRI		Jalan Utama : Kairagi, Bandara								
ARUS LALU LINTAS		Jalan Minor : Ring-Road I, Pandu								
		Soal :								
FASE SINYAL YANG ADA										
Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Waktu siklus : c = 75	Waktu hilang total : LTI=ΣIG = 16					
Kondisi Lapangan										
Kode Pendekat	Tipe Lingkungan	Hambatan samping	Medan Ya/Tidak	Kelandaian +/- %	Belok kiri langsung Ya/Tidak	Jarak ke kendaan parkir (m)	Lebar Pendekat (m)	Belok kiri langsung W	Keluar W	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Bandara	COM	T	T		Y		7	7	2	7
Kairagi	COM	T	T		Y		7	7	2	7
Ring-road I	RES	R	Y		Y		8	8	2	8
Pandu	RES	R	Y		Y		8	8	2	8

Sumber: Hasil analisis Fadly. 2017.

**Formulir SIG-II**

*Arus Lalulintas.* Pada Tabel 4 data arus lalu lintas rata-rata per hari pada semua pendekat, volume jam perencanaan yang didapat adalah dalam satuan kendaraan per jam, maka harus dikalikan terlebih dahulu dengan nilai *ekivalen mobil penumpang(emp)* untuk kondisi terlindung maupun terlawan agar menjadi *satuan mobil penumpang (smp/jam)*.

Perhitungan Ratio Belok Kiri (PLT) dan Belok Kanan (PRT) juga diikut sertakan. Perhitungan rasio UM/MV adalah sangat kecil sehingga tidak berpengaruh pada perhitungan arus jenuh S pada tiap lengan.

Tabel 4. SIG-II

SIMPANG BERSINYAL		Tanggal : November 2017		Ditangani oleh : Fady Andre Tuda													
FORMULIR SIG-II :		Kota : Manado		Provinsi : Sulawesi Utara													
ARUS LALU LINTAS		Jalan Utama : Kairagi, Bandara		Jalan Minor : Ring-Road I, Pandu													
		Soal :															
Kode Pendekat	Arah	ARUS LALU LINTAS KENDARAAN BERMOTOR (NM)										Rasio belokbelok P/LT	Rasio UM/MV				
		Kendaraan ringan (LV)		Kendaraan berat (HV)		Sepeda Motor (MC)		Kendaraan bermotor Total		Rasio belokbelok P/LT	Rasio UM/MV						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)			(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Bandara	LTLTOR	186	186	186	10	13	140	28	49	236	227	255	0.17				
U	ST	802	801	801	28	36	36	866	173	347	1695	1010	1183				
	RT	61	61	61	3	4	4	54	19	38	159	85	104	0.06			
	Total	1048	1048	1048	41	53	53	1101	220	440	2190	1321	1542				
Kairagi	LTLTOR	71	71	71	6	8	8	50	18	36	167	96	114	0.08			
S	ST	833	833	833	30	39	39	985	197	394	1948	1069	1266				
	RT	83	83	83	11	14	14	72	14	29	165	111	125	0.09			
	Total	986	986	986	46	60	60	1148	230	459	2180	1276	1506				
Ring-road	LTLTOR	150	150	150	7	9	9	153	31	61	309	189	220	0.31			
T	ST	55	55	55	10	13	13	61	12	25	127	81	93				
	RT	300	300	300	16	21	21	215	43	86	531	364	407	0.57			
	Total	505	505	505	33	43	43	429	86	172	967	634	720				
Pandu	LTLTOR	155	155	155	12	15	15	246	49	98	413	219	269	0.66			
B	ST	63	63	63	22	28	28	73	15	29	158	106	120				
	RT	55	55	55	7	10	10	88	18	35	151	82	100	0.25			
	Total	279	279	279	41	53	53	204	41	81	518	367	408				

Sumber: Hasil analisis Fadly. 2017.

**Formulir SIG-III**

*Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang.* Pada Tabel 5 dan diperlihatkan nilai dari waktu merah semua dan waktu kuning untuk tiap-tiap fase.

**Tabel 5. SIG-III**

SIMPANG BERSYAL		Tanggal : November 2017	
Formulir SIG III :		Ditangani oleh : Fady Andre Tuda	
WAKTU ANTAR HIJAU		Kota : Manado	
WAKTU HILANG		Simpang : Jln. A.A. Maramis dan Jln. Ring-road II	
		Perihal : 4 - Fase Hijau Awal	
LALU LINTAS BERANGKAT		LALU LINTAS DATANG	
Pendekat	Kecapatan	U	S
U	30	30	30
S	30	30	30
T	30	30	30
R	30	30	30
Penentuan waktu merah semua			
Fase 1-> Fase 4			
Fase 2-> Fase 3			
Fase 3-> Fase 2			
Fase 4-> Fase 1			
Waktu kuning total (3 det/V fase)			
Waktu hilang total (LH) = Merah semua total + waktu kuning (det/siklus)			

Sumber: Hasil analisis Fady. 2017.

**Formulir SIG-IV**

*Penentuan Waktu Sinyal, Kapasitas Dan Derajat Kejenuhan.* Perhitungan dimulai dengan menghitung Arus Jen`uh Dasar ( $S_0$ ). Untuk pendekat terlindung (tipe P),  $S_0 = 600 \times W_e$ , dimana  $W_e$  adalah lebar pendekat efektif. Untuk pendekat terlawan (tipe O) perhitungan  $S_0$  didasarkan pada Grafik yang telah disediakan oleh MKJI-1997 (Gambar C-3: 3S). Nilai  $S_0$  diperoleh dari kurva yang menghubungkan nilai  $Q_{RT}$  dan  $Q_{RTO}$  pada  $W_e$  tertentu. Kemudian menghitung Arus Jenuh yang sudah disesuaikan ( $S$ ) dengan memperhatikan nilai-nilai Faktor Penyesuaian.

**Tabel 6. SIG-IV**

SIMPANG BERSYAL		Tanggal : November 2017																																																																									
Formulir SIG-IV :		Ditangani oleh : Fady Andre Tuda																																																																									
PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS		Perihal : 4 - Fase Hijau Awal																																																																									
		Simpang : Jln. A.A. Maramis dan Jln. Ring-road II																																																																									
		Periode : Jam puncak pagi - sore																																																																									
Kode Pendekat	Tipe	Rasio kendaraan	Area sempit																																																																								
Fase	lar	$P_{100}$ $P_{50}$ $Q_{10}$	$W_{10}$ $W_{50}$ $W_{100}$																																																																								
no		$P_{100}$ $P_{50}$ $Q_{10}$	$W_{10}$ $W_{50}$ $W_{100}$																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Area sempit</th> </tr> <tr> <th>no</th> <th>luas (m<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>1</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>100</td> <td>2</td> <td>200</td> <td>2</td> <td>200</td> <td>2</td> <td>200</td> <td>2</td> <td>200</td> <td>2</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>100</td> <td>3</td> <td>300</td> <td>3</td> <td>300</td> <td>3</td> <td>300</td> <td>3</td> <td>300</td> <td>3</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>100</td> <td>4</td> <td>400</td> <td>4</td> <td>400</td> <td>4</td> <td>400</td> <td>4</td> <td>400</td> <td>4</td> <td>400</td> </tr> </tbody> </table>				Area sempit		Area sempit		Area sempit		Area sempit		Area sempit		Area sempit		no	luas (m <sup>2</sup> )	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	2	100	2	200	2	200	2	200	2	200	2	200	3	100	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300	4	100	4	400	4	400	4	400	4	400	4	400										
Area sempit		Area sempit		Area sempit		Area sempit		Area sempit		Area sempit																																																																	
no	luas (m <sup>2</sup> )	no	luas (m <sup>2</sup> )	no	luas (m <sup>2</sup> )	no	luas (m <sup>2</sup> )	no	luas (m <sup>2</sup> )	no	luas (m <sup>2</sup> )																																																																
1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100																																																																
2	100	2	200	2	200	2	200	2	200	2	200																																																																
3	100	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300																																																																
4	100	4	400	4	400	4	400	4	400	4	400																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Waktu hilang total (LH) (det)</th> <th colspan="2">Waktu siklus per penyesuaian c. (det) (ms)</th> <th colspan="2">Waktu siklus disesuaikan c. (det) (ms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>30</td> <td>1</td> <td>30</td> <td>1</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>30</td> <td>2</td> <td>60</td> <td>2</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>30</td> <td>3</td> <td>90</td> <td>3</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>30</td> <td>4</td> <td>120</td> <td>4</td> <td>120</td> </tr> </tbody> </table>				Waktu hilang total (LH) (det)		Waktu siklus per penyesuaian c. (det) (ms)		Waktu siklus disesuaikan c. (det) (ms)		1	30	1	30	1	30	2	30	2	60	2	60	3	30	3	90	3	90	4	30	4	120	4	120																																										
Waktu hilang total (LH) (det)		Waktu siklus per penyesuaian c. (det) (ms)		Waktu siklus disesuaikan c. (det) (ms)																																																																							
1	30	1	30	1	30																																																																						
2	30	2	60	2	60																																																																						
3	30	3	90	3	90																																																																						
4	30	4	120	4	120																																																																						

Sumber: Hasil analisis Fady. 2017.

**Formulir SIG-V**

*Panjang Antrian, Jumlah Kendaraan Terhenti Dan Tundaan.* Perhitungan panjang antrian  $Q_L$ , jumlah kendaraan terhenti  $N_{SV}$  dan tundaan didasarkan pada volume kendaraan  $Q$ , jam puncak (selama 6 hari penelitian) pada tiap-tiap lengan simpang. Contoh perhitungan diuraikan dalam Tabel 7. adalah perhitungan untuk volume rata-rata dengan waktu sinyal sama seperti pada SIG-IV.

**Tabel 7. SIG-V**

SIMPANG BERSYAL		Tanggal : November 2017																																																																									
Formulir SIG-V :		Ditangani oleh : Fady Andre Tuda																																																																									
PANJANG ANTRIAN		Kota : Manado																																																																									
Jumlah kendaraan henti		Simpang : Jln. A.A. Maramis dan Jln. Ring-road II																																																																									
		Periode : Jam puncak pagi - sore																																																																									
		Waktu siklus : 120 Detik																																																																									
Kode Pendekat	Arus lalu lintas	Kapasitas smp/jam	Derajat kejenuhan DS																																																																								
(1)	(2)	(3)	(4)																																																																								
U	1095	1249	0,876																																																																								
T	444	507	0,876																																																																								
S	1180	1346	0,876																																																																								
R	188	215	0,876																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TUNDAAN</th> <th colspan="2">TUNDAAN</th> <th colspan="2">TUNDAAN</th> <th colspan="2">TUNDAAN</th> <th colspan="2">TUNDAAN</th> <th colspan="2">TUNDAAN</th> </tr> <tr> <th>Kode Pendekat</th> <th>Arus lalu lintas</th> <th>Rasio kendaraan</th> <th>Jumlah kendaraan antrian (smp)</th> <th>Panjang antrian (m)</th> <th>Rasio kendaraan</th> <th>Jumlah kendaraan terhenti (smp)</th> <th>Tundaan rata-rata (det)</th> <th>Rasio kendaraan</th> <th>Jumlah kendaraan terhenti (smp)</th> <th>Tundaan rata-rata (det)</th> <th>Tundaan total (det)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U</td> <td>1095</td> <td>0,876</td> <td>337</td> <td>48</td> <td>0,876</td> <td>936</td> <td>50,5</td> <td>0,876</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>54,5</td> </tr> <tr> <td>T</td> <td>444</td> <td>0,876</td> <td>127</td> <td>17,0</td> <td>0,876</td> <td>419</td> <td>79,7</td> <td>0,876</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>83,7</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>1180</td> <td>0,876</td> <td>337</td> <td>48</td> <td>0,876</td> <td>1009</td> <td>48,0</td> <td>0,876</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>52,0</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>188</td> <td>0,876</td> <td>55</td> <td>7,6</td> <td>0,876</td> <td>133</td> <td>110,7</td> <td>0,876</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>115,0</td> </tr> </tbody> </table>				TUNDAAN		TUNDAAN		TUNDAAN		TUNDAAN		TUNDAAN		TUNDAAN		Kode Pendekat	Arus lalu lintas	Rasio kendaraan	Jumlah kendaraan antrian (smp)	Panjang antrian (m)	Rasio kendaraan	Jumlah kendaraan terhenti (smp)	Tundaan rata-rata (det)	Rasio kendaraan	Jumlah kendaraan terhenti (smp)	Tundaan rata-rata (det)	Tundaan total (det)	U	1095	0,876	337	48	0,876	936	50,5	0,876	4	4	54,5	T	444	0,876	127	17,0	0,876	419	79,7	0,876	4	4	83,7	S	1180	0,876	337	48	0,876	1009	48,0	0,876	4	4	52,0	R	188	0,876	55	7,6	0,876	133	110,7	0,876	4	4	115,0
TUNDAAN		TUNDAAN		TUNDAAN		TUNDAAN		TUNDAAN		TUNDAAN																																																																	
Kode Pendekat	Arus lalu lintas	Rasio kendaraan	Jumlah kendaraan antrian (smp)	Panjang antrian (m)	Rasio kendaraan	Jumlah kendaraan terhenti (smp)	Tundaan rata-rata (det)	Rasio kendaraan	Jumlah kendaraan terhenti (smp)	Tundaan rata-rata (det)	Tundaan total (det)																																																																
U	1095	0,876	337	48	0,876	936	50,5	0,876	4	4	54,5																																																																
T	444	0,876	127	17,0	0,876	419	79,7	0,876	4	4	83,7																																																																
S	1180	0,876	337	48	0,876	1009	48,0	0,876	4	4	52,0																																																																
R	188	0,876	55	7,6	0,876	133	110,7	0,876	4	4	115,0																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">LTDK (sema)</th> <th colspan="2">Total</th> <th colspan="2">Tundaan simpang rata-rata (det/smp)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>732</td> <td>2669</td> <td>0,7</td> <td>50,24</td> <td>182893</td> <td>50,24</td> </tr> </tbody> </table>				LTDK (sema)		Total		Tundaan simpang rata-rata (det/smp)		732	2669	0,7	50,24	182893	50,24																																																												
LTDK (sema)		Total		Tundaan simpang rata-rata (det/smp)																																																																							
732	2669	0,7	50,24	182893	50,24																																																																						

Sumber: hasil analisis Fady. 2017.

**Waktu Sinyal Hasil Perhitungan**

Waktu sinyal untuk persimpangan Jalan A. A. Maramis dan Jalan Ring-road I berdasarkan hasil perhitungan:

**Tabel 8. 4 Fase sinyal**

Fase	Waktu Hijau (g) (detik)	Intergreen		Waktu Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)
		Waktu Kuning (detik)	Merah semua (detik)		
1	44	3	3	81	131
2	15	3	0	113	131
3	48	3	3	78	131
4	6	3	0	122	131



Nilai DS yang dihasilkan masih besar maka diperlukan adanya kondisi perubahan pada simpang tersebut dengan menggunakan salah satu alternatif yaitu pelebaran jalan pada semua arah lengan simpang untuk disediakan jalur belok kiri langsung.

Untuk kondisi perubahan yaitu pelebaran jalan pada tiap pendekat di mana ditambahkan jalur untuk LTOR sebesar 2,5 m. Data yang akan digunakan dapat dilihat pada perhitungan sebelumnya. Untuk SIG-I, SIG- II, SIG-III, SIG-IV, dan SIG-V perhitungan sama seperti sebelumnya yang telah dijelaskan.

Waktu sinyal untuk Persimpangan Jalan A.A. Maramis dan Jalan Ring-road II berdasarkan kondisi perubahan, maka dapat dilihat hasil dari analisa perhitungan.

Tabel 9. Waktu siklus

Fase	Waktu Hijau (g) (detik)	Intergreen		Waktu Merah (detik)	Waktu Siklus (detik)
		Waktu Kuning (detik)	Merah semua (detik)		
1	21	3	3	46	73
2	7	3	0	62	73
3	23	3	3	44	73
4	3	3	0	67	73



Tabel 10. Perbandingan Nilai DS.

Simpang Tak Bersinyal	Simpang Bersinyal	Simpang Bersinyal Kondisi Perubahan
DS	DS	DS
1.064	0.876	0.745

Berdasarkan hasil analisa untuk Persimpangan Jalan A.A. Maramis dan Jalan Ring-road II didapat Derajat Kejenuhan (DS) untuk kondisi eksisting 1,064 artinya simpang ini mendekati lewat jenuh sehingga menyebabkan kemacetan, setelah dilakukan pemasangan sinyal lalu lintas di dapat nilai DS seperti pada tabel, sehingga kemacetan yang terjadi dapat teratasi setelah adanya pemasangan sinyal lalu lintas dan mengurangi konflik- konflik pada persimpangan.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil survey dan analisa data, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada kondisi awal persimpangan Jalan A. A. Maramis dan Jalan Ring-road II merupakan

lalu lintas tanpa sinyal dengan konflik antar kendaraan yang bergerak dari arah yang saling berlawanan. Untuk Kondisi geometrik simpang ini adalah simpang yang cukup besar dan terdapat pulau lalu lintas untuk setiap arah lengan simpang, sehingga untuk *traffic light* direncanakan dengan *Left Turn On Red* untuk setiap arah lengan simpang. Berdasarkan perhitungan persimpangan tidak bersinyal untuk kondisi eksisting diperoleh Kapasitas (c) 4288 smp/jam, tundaan lalu lintas simpang 18,59 serta Derajat kejenuhan (DS) sebesar 1,064 artinya simpang ini sering terjadi kemacetan di jam-jam sibuk.

2. Besarnya volume arus lalu lintas didapat dari nilai rata-rata selama 6 hari dengan data sebagai berikut:

- Simpang tak bersinyal, untuk Pendekat Bandara volume arus lalu lintas 1652 smp/jam, pendekat Ring-road I volume arus lalu lintas 762 smp/jam, pendekat Kairagi volume arus lalu lintas 1620 smp/jam, dan pendekat Pandu didapat volume arus lalu lintas 530 smp/jam.
- Simpang Bersinyal, untuk Pendekat Bandara volume arus lalu lintas 1321 smp/jam, pendekat Ring-road I volume arus lalu lintas 634 smp/jam, pendekat Kairagi volume arus lalu lintas 1276 smp/jam, dan pendekat Pandu didapat volume arus lalu lintas 367 smp/jam.

3. Perencanaan pengaturan fase sinyal dicoba 4 fase sinyal dengan semua arah lengan simpang terdapat LTOR dimana untuk Fase 1 dimulai pada Pendekat Bandara, Fase 2 pada Pendekat Ring-road I, Fase 3 pada pendekat Kairagi dan, Fase 4 pada pendekat Pandu. Dari pengaturan fase sinyal didapat nilai DS 0,876 dengan waktu siklus 131 detik, waktu hijau sebesar: Fase 1 (44 detik), Fase 2 (15 detik), Fase 3 (48 detik) dan Fase 4 (6 detik) serta tundaan simpang rata-rata 50,24 det/smp dan kendaraan henti rata-rata 0.706 stop/smp. Dari hasil analisa di atas nilai DS telah melebihi angka 0,80 artinya tidak terlalu efektif dan sering terjadi kemacetan di jam-jam sibuk sehingga didapat tundaan yang besar pada simpang. Untuk mengatasi masalah pada simpang maka dilakukan pelebaran jalan pada setiap arah lengan simpang dengan menambahkan jalur khusus untuk belok kiri langsung sebesar 2,5 m. Untuk pengaturan fase sinyal sama seperti sebelumnya sehingga di dapat waktu siklus 73 detik, waktu hijau fase 1 (21 detik), fase 2 (7 detik), fase 3 (23 detik),

dan fase 4 (3 detik). Untuk nilai DS menjadi 0,745 telah berada dibawah 0,75 (nilai yang di sarankan) dengan tundaan simpang rata-rata 28,25 det/smp dan kendaraan henti rata-rata 0.597 stop/smp. Jadi Pemasangan sinyal lalu lintas dapat mengurangi kemacetan yang terjadi pada simpang dengan melakukan perubahan kondisi geometrik pada simpang.

#### **Saran**

1. Dalam penelitian ini perencanaan simpang dengan lampu lalu lintas perlu adanya perubahan kondisi geometrik pada persimpangan tersebut dengan melakukan pelebaran jalan.
2. Pelarangan parkir kendaraan di pinggir jalan, minimal 50 meter dari persimpangan dengan memasang rambu lalulintas.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

BPS., 2016. *Sulawesi Utara Dalam Angka 2016*, BPS Kota Manado.

Direktorat Jendral Bina Marga, 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Hobbs, F. D., 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalulintas*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Tamin, Ofyar Z., 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi ke-2, Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.

Tamin, Ofyar Z, 2003, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh soal dan aplikasi*, Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.

Warpani, S., 1998. *Rekayasa Lalu Lintas*, Bharata, Jakarta.