

TESIS

**STUDI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JALAN
AHMAD YANI-MT. HAYRONO KOTA KENDARI**

*STUDY ON THE PERFORMANCE OF SIGNALIZED INTERSECTION
AHMAD YANI-MT. HARYONO KENDARI CITY*

LA WELENDU



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR 2008**

**STUDI KINERJA SIMPANG BERSINYAL JALAN
AHMAD YANI-MT. HAYRONO KOTA KENDARI**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Megister

**Progran Studi Teknik Sipil
Konsentrasi Teknik Sistem Transportasi**

Disusn dan diajukan

Oleh

LA WELENDO

Nomor Pokok P2302206011

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR 2008**

**PENGESAHAN JUDUL
PROPOSAL PENELITIAN**

**ANALISIS KINERJA SIMPANG BERSINYAL DAN
TAK BERSINYAL DI KOTA KENDARI**

Disusun dan diajukan oleh :

LA WELENDO
P2302206011

Disetujui oleh :
Komisi Penasehat

Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M. Eng

Dr. Rudy Djamaluddin, ST. M. Eng

Diketahui oleh
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M. Eng
NIP. 131 661 267

ABSTRAK

LA WELENDO, Studi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Ahmad Yani-MT. Haryono Kota Kendari (dibimbing oleh Herman Parung dan Rudy Jamaluddin).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat hambatan samping yang terjadi pada simpang Ahmad Yani-MT. Haryono, untuk mengetahui kinerja simpang jalan Ahmad Yani-MT. Haryono, mengetahui tingkat arus lalu lintas yang terjadi pada jaringan jalan disekitar simpang Ahmad Yani MT. Haryono, untuk merumuskan strategi penanganan permasalahan simpang yang terjadi saat ini. Data dianalisis dengan pendekatan kuantitatif menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).

Hasil penelitian tingkat hambatan samping yang terjadi pada simpang Ahmad Yani-MT. Haryono menunjukan bahwa ruas jalan Ahmad Yani pendekat (A) hambatan samping sedang, ruas jalan MT. Haryono pendekat (B) hambatan samping sangat tinggi, ruas jalan Ahmad Yani pendekat (C) hambatan samping sangat tinggi, ruas jalan Budi Utomo pendekat (D) hambatan samping rendah. Faktor yang menimbulkan tingginya hambatan samping adalah kendaraan parkir, pejalan kaki serta kendaraan masuk dan keluar sisi jalan. Derajat kejenuhan simpang menunjukan $0.83 \text{ NVK} > 0.75$ dan tundaan simpang rata-rata 37.65 detik/smp yang menunjukan tingkat pelayanan berada pada level D. Faktor yang mempengaruhi kinerja simpang adalah volume lalu lintas, lebar lajur lalu lintas, penggunaan waktu siklus, serta penggunaan fase sinyal yang ada. Titik jam puncak arus lalu lintas terjadi pada pukul 16.00-17.00 pada hari senin 3929 smp/jam. Hal ini dipengaruhi oleh kendaraan pribadi dan sepeda motor yang melakukan aktifitas pergerakan disekitar simpang merupakan kawasan perdagangan dan jasa. Strategi penanganan dengan adanya pengalihan kendaraan pribadi, sepeda motor serta kendaraan berat pada jam puncak pagi-sore melalui ruas jalan MT. Haryono pada pendekat (B) hal ini dapat menaikkan kapasitas dan tingkat pelayanan simpang berada pada level (C).

ABSTRAK

LA WELENDO, Study on the performance of signalized intersection Ahmad Yani–MT. Haryono, Kendari City (supervised by Herman Parung and Rudy Djamaluddin).

The research was aimed at studying the level of the side obstacle, performance of intersection, traffic level at the A. Yani – MT. Haryono intersection, and to recommend an improvement proposal to overcome the existing problems at this site. Data was analyzed using quantitative approach based on the MKJI 1997 (Indonesian Highway Capacity Manual).

The results of the research show that the levels of the side obstacle are : medium level for the approach A, very high for the approach B, very high for the approach C, and low level for the approach D. Factors influencing the level of the side obstacles are parking vehicles, pedestrian, and entering/exit vehicles from the road side. The level of service is D, as indicated by high saturation density ($0.83 \text{ NVK} > 0.75$) and delay time (37.65 sec/SMP).

Factors influencing the performance of the intersection are traffic volume, width of traffic lane, cycle time, and the utilized traffic phase. The peak hour is between 16.00 – 17.00 on Mondays, with the total volume of 3.929/hour. Factors affecting the fact are high volume of private cars and motorcycles.

To overcome the persistent problems at the intersection, it is recommended to re-route personal cars, motorcycles and heavy vehicles during the peak hour for vehicles using MT. Haryono (Approach B). This could increase the capacity and the level of service to level C.

PRAKATA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena hidayah dan karunia-Nya sehingga penyusunan tesis ini dapat dirampungkan.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari hasil pengamatan penulis terhadap kemacetan yang timbul pada persimpangan Ahmad Yani-MT. Haryono. Penulis bermaksud memberikan strategi penanganan untuk peningkatan kinerja simpang dan melancarkan arus lalu lintas.

Meskipun banyak kendala yang telah dihadapi dalam penyusunan tesis ini, namun berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini selesai pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Prof. Dr.-Ing Herman Parung, M. Eng. sebagai ketua komisi penasehat dan Dr. Rudy Djamaluddin, ST. M. Eng. Sebagai anggota komisi penasehat atas bantuan dan bimbingan serta arahan yang telah diberikan selama penyelesaian tesis ini, begitupula kepada Tim Penguji atas kesediannya untuk hadir serta memberikan masukan-masukan ilmiah dalam pelaksanaan seminar proposal, hasil penelitian dan ujian akhir. Tak lupa pula kami ucapkan terima kasih kepada Muh. Tahir Azikin, ST., Rudi Balaka, ST. MT. Yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan survei, dan yang terakhir disampaikan kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian tesis ini.

DAFTAR ISI

| | halaman |
|------------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| Prakata | iii |
| Abstrak | iv |
| Abstrak | v |
| DAFTAR ISI | vi |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 3 |
| C. Tujuan Penelitian | 3 |
| D. Manfaat Penelitian | 4 |
| E. Ruang Lingkung Penelitian | 4 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| A. Persimpangan Jalan | 5 |
| B. Jenis-Jenis Persimpangan | 6 |
| C. Karastristik Lalu Lintas | 9 |
| D. Faktor Hambatan Samping | 14 |

| | |
|--|----|
| E. Tingkat Pelayanan Jalan | 17 |
| F. Kinerja Simpang Bersinyal | 18 |
| G. Kerangka Konseptual Penelitian | 40 |
| BAB III. METODOLOGI PENELITIAN | 41 |
| A. Rancangan Penelitian | 41 |
| B. Lokasi dan Waktu Penelitian | 43 |
| C. Metode Pengumpulan Data | 43 |
| D. Defenisi Operasional | 46 |
| E. Metode Analisis Data | 48 |
| BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 50 |
| A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian | 50 |
| B. Kondisi Geometrik dan Hambatan samping | 53 |
| C. Kondisi Lalu Lintas simpang | 56 |
| D. Hasil Analisa Persimpangan | 58 |
| D. Strategi Penanganan Simpang | 70 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | 84 |
| A. Kesimpulan | 84 |
| B. Saran | 86 |
| DAFTAR PUSTAKA | 87 |
| LAMPIRAN | 88 |

DAFTAR TABEL

| | halaman |
|---|----------------|
| Tabel 1. Nilai NVK pada berbagai kondisi | 6 |
| Tabel 2. Kapasitas | 13 |
| Tabel 3. Tipe kejadian hambatan samping | 14 |
| Tabel 4. Nilai kelas hambatan samping | 15 |
| Tabel 5. Standar tingkat pelayanan jalan | 19 |
| Tabel 6. Nilai emp untuk jenis kendaraan berdasarkan pendekatan | 23 |
| Tabel 7. Faktor penyesuaian ukuran kota | 28 |
| Tabel 8. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan,hambatan samping dan kendaraan tak bermotor | 29 |
| Tabel 9. Waktu siklus yang disarankan | 33 |
| Tabel 10. ITP pada persimpangan berlampu lalu lintas | 39 |
| Tabel 11. Hambatan samping | 54 |
| Tabel 12. Tingkat hambatan samping | 55 |
| Tabel 13. Komposisi arus lalu lintas hari Senin | 57 |
| Tabel 14. Komposisi arus lalu lintas hari Rabu | 57 |
| Tabel 15. Komposisi arus lalu lintas hari Jum'at | 58 |
| Tabel 16. Kondisi arus lalu lintas pada jam puncak sore | 60 |
| Tabel 17. Arus jenuh dasar (So) | 62 |
| Tabel 18. Nilai arus jenuh setiap pendekatan simpang | 63 |

| | |
|---|----|
| Tabel 19. Nilai rasio arus | 64 |
| Tabel 20. Nilai kapasitas simpang | 65 |
| Tabel 21. Nilai derajat dejenuhan tiap pendekat | 65 |
| Tabel 22. Nilai antrian kendaraan tiap pendekat | 66 |
| Tabel 23. Nilai tundaan kendaraan tiap pendekat | 66 |
| Tabel 24. Nilai kapasitas perbaikan hambatan sampang | 71 |
| Tabel 25. Arus lalu lintas pada jam puncak sebelum pengalihan | 74 |
| Tabel 26. Arus lalu lintas pada jam puncak setelah pengalihan kendaraan pribadi | 74 |
| Tabel 27. Nilai ratio arus adanya pengalihan kendaraan | 75 |
| Tabel 28. Nilai kapasitas simpang adanya pengalihan | 76 |
| Tabel 29. Nilai derajat kejenuhan penanganan simpang | 76 |
| Tabel 30. Nilai antrian kendaraan tiap pendekat penanganan | 76 |
| Tabel 31. Nilai tundaan kendaraan tiap pendekat adanya penanganan | 77 |

DAFTAR GAMBAR

| | halaman |
|--|----------------|
| Gambar 1. Berbagai jenis persimpangan jalan sebidang | 7 |
| Gambar 2. Beberapa contoh simpang susun jalan bebas hambatan | 8 |
| Gambar 3. Jenis-jenis dasar pergerakan pergerakan (Lanjutan) | 9 |
| Gambar 4. Geometrik persimpangan dengan lampu lalu lintas | 21 |
| Gambar 5. Lebar efektif kaki persimpangan | 22 |
| Gambar 6. Pendekat dengan atau tanpa pulau lalu lintas | 27 |
| Gambar 7. Faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G) | 29 |
| Gambar 8. Kerangka pikir konseptual penelitian | 40 |
| Gambar 9. Bagan alir tahapan penelitian | 42 |
| Gambar 10. Geometrik simpang Jalan Ahmad Yani-MT. Haryono | 44 |
| Gambar 11. Peta lokasi Penelitian | 50 |
| Gambar 12. Kondisi guna lahan disekitar simpang | 51 |
| Gambar 13. Lokasi persimpangan dan fasilitas disekitar simpang | 52 |
| Gambar 14. Kondisi kendaraan parkir dibadan jalan | 55 |
| Gambar 15. Grafik arus lalu lintas hari Senin | 59 |
| Gambar 16. Grafik arus lalu lintas hari Rabu | 59 |
| Gambar 17. Grafik arus lalu lintas hari Jum'at | 60 |
| Gambar 18. Tingkat arus lalu lintas pada setiap pendekat | 61 |

| | |
|--|----|
| Gambar 19. Urutan sinyal 4 Fase | 67 |
| Gambar 20. Siklus sinyal 4 Fase | 68 |
| Gambar 21. Kondisi kendaraan parkir dibadan jalan dan pejalan kaki | 72 |
| Gambar 22. Penerapan larangan parkir kendaraan dan berhenti | 73 |
| Gambar 23. Kondisi kendaraan pribadi dan angkutan umum mikrolet pada jalan MT. Haryono | 78 |
| Gambar 24. Bentuk pengalihan kendaraan | 79 |
| Gambar 28. Grafik Perbandingan nilai waktu siklus | 80 |
| Gambar 26. Perbandingan derajat kejenuhan untuk setiap penanganan | 80 |
| Gambar 27. Grafik nilai tundaan rata-rata pada penanganan simpang | 81 |
| Gambar 29. Grafik perbandingan Nilai tundaan rata-rata pada pendekat dalam bentuk penanganan simpang | 82 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|----------------|
| A. Data arus lalu lintas hari Senin | 88 |
| B. Data arus lalu lintas hari Rabu | 92 |
| C. Data arus lalu lintas hari Jum'at | 96 |
| D. Tabel perhitungan Analisis Kinerja Simpang Kondisi Aktual | 100 |
| E. Tabel perhitungan Analisis Kinerja Simpang menurunkan hambatan samping | 103 |
| F. Tabel perhitungan Analisis Kinerja Simpang Pengalihan Sebagian Angkutan Umum | 106 |
| G. Gambar kondisi arus Lalu lintas pada setiap pendekat simpang AhmadYani- MT. Haryono | 109 |
| H. Peta Kota Kendari | 112 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permasalahan transportasi di kota-kota besar semakin meningkat dari waktu ke waktu sejalan dengan kemajuan ekonomi dan pesatnya tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor. Peningkatan aktifitas masyarakat sebagai efek dari kemajuan ekonomi menuntut peningkatan sarana transportasi, tetapi prasarana transportasi tidak bertambah. Ini berdampak pada menurunnya kinerja ruas jalan dan persimpangan di perkotaan.

Kota Kendari merupakan salah satu dari sekian banyak kota/kabupaten yang ada di Propinsi Sulawesi Tenggara dan sekaligus ibu kota propinsi. Kota Kendari dengan penduduk 256.975,00 jiwa dan tingkat pertumbuhan penduduk rata-rata pertahun 4,74% sejak tahun 2002 sampai 2007 serta tingginya urbanisasi, disamping itu perkembangan kendaraan bermotor dan pertumbuhan ekonomi yang meningkat pesat, sejalan dengan itu salah satu permasalahan yang dihadapi adalah semakin meningkatnya kompleksitas permasalahan lalu lintas hal ini tampak nyata pada ruas jalan maupun pada persimpangan di Kota Kendari.

Kemacetan merupakan gejala konsekwensi logis dari bergesernya keseimbangan antara permintaan pelayanan pergerakan dan penyiapan prasarana jalan. Ketidak seimbangan ini bisa terjadi akibat dari lemahnya

koordinasi perencanaan antara sektor transportasi dengan sektor pembangunan lainnya serta perencanaan pembangunan yang kurang mempertimbangkan dampak lalu lintas yang akan ditimbulkan dimasa mendatang. Gejala tersebut akan terasa sekali pada jaringan jalan yang berfungsi arteri perkotaan yang diperlihatkan dengan banyaknya titik rawan kemacetan sehingga efisiensi, kenyamanan dan keamanan yang diinginkan tidak tercapai. Salah satu penyebabnya adalah adanya titik konflik dan perlambatan pada saat kendaraan memasuki persimpangan.

Persimpangan Ahmad Yani-MT Haryono adalah simpul atau pertemuan dari 4 ruas jalan yang melayani rute perjalanan dalam kota dengan fungsi kelas jalan arteri primer dimana persimpangan jalan ini tepat berada di kawasan CBD wua-wua kota kendari. Disekitar simpang ini adalah pusat pertokoan, hotel, sekolah dan perkantoran sehingga banyaknya aktifitas pergerakan kendaraan, pejalan kaki, kendaraan parkir sisi jalan dan kendaraan lambat . Hal ini dapat mempengaruhi kinerja persimpangan dan ruas jalan.

Berdasarkan fenomena dan permasalahan tersebut diatas, maka kajian penelitian ini berjudul : Studi Kinerja Simpang Bersinyal Jalan Ahmad Yani-MT. Haryono Kota Kendari.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah tingkat hambatan simpang yang terjadi pada simpang jalan Ahmad Yani-MT. Haryono saat ini?
2. Bagaimana kinerja simpang jalan Ahmad Yani-MT. Haryono saat ini?
3. Bagaimanakah tingkat arus lalu lintas yang terjadi pada jaringan jalan disekitar simpang Ahmad Yani-MT. Haryono saat ini?
4. Bagaimanakah merumuskan strategi penanganan permasalahan simpang yang terjadi saat ini ?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tingkat hambatan simpang pada simpang jalan Ahmad Yani-MT. Haryono saat ini.
- 2.. Untuk mengetahui kinerja simpang jalan Ahmad Yani-MT. Haryono dengan adanya kondisi geometrik saat ini.
3. Untuk mengetahui tingkat arus lalu lintas yang terjadi pada jaringan jalan disekitar simpang Ahmad Yani-MT. Haryono saat ini.
4. Untuk merumuskan strategi penanganan permasalahan simpang yang terjadi saat ini.

D. Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan masukan bagi pihak–pihak yang terkait dalam hal ini pemerintah Daerah Kota Kendari dalam rangka menciptakan pergerakan arus lalu lintas dan sebagai gambaran untuk pengembangan infrastruktur khususnya pada area persimpangan
2. Analisis yang dihasilkan dapat menjadi referensi bagi para peneliti lainnya dibidang transportasi tentang kinerja simpang untuk menciptakan pergerakan arus lalu lintas yang baik di kota Kendari saat ini dan masa yang akan datang.

E. Ruang lingkup dan Batasan Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini dalam rangka mencapai tujuan adalah :

1. Lingkup pembahasan :
 - a. Tinjauan terhadap kinerja simpang bersinyal jalan Ahmad Yani-MT Haryono di Kota Kendari
 - b. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja simpang
 - c. Strategi penanganan
2. Lingkup obyek penelitian.

Penelitian ini dibatasi pada persimpangan bersinyal jalan Ahmad Yani-MT. Haryono di Kota Kendari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Persimpangan Jalan

Persimpangan jalan adalah simpul pada jaringan jalan dimana ruas jalan bertemu dan lintasan arus kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya. Olehnya itu persimpangan merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan khususnya di daerah - daerah perkotaan.

Persimpangan merupakan tempat sumber konflik lalu lintas yang rawan terhadap kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu merupakan aspek penting didalam pengendalian lalu lintas. Masalah utama yang saling kait mengkait pada persimpangan adalah :

- a. Volume dan kapasitas, yang secara langsung mempengaruhi hambatan.
- b. Desain geometrik dan kebebasan pandang
- c. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan
- d. Parkir, akses dan pembangunan umum
- e. Pejalan kaki
- f. Jarak antar simpang

Kinerja lalu lintas perkotaan dapat dinilai dengan menggunakan parameter lalu lintas berikut (Tamin, 2000)

- a. Untuk ruas jalan dapat berupa NVK, kecepatan dan kepadatan
- b. Untuk persimpangan dapat berupa tundaan dan kapasitas sisa
- c. Data kecelakaan lalu lintas dapat juga perlu dipertimbangkan

Tabel 1. Nilai NVK pada berbagai kondisi

| NVK | Keterangan |
|---------|----------------------|
| <0.8 | Kondisi stabil |
| 0,8-1,0 | Kondisi tidak stabil |
| >1,0 | Kondisi kritis |

Sumber : Tamin (2000)

Menurut Jinca (2001) pemecahan persoalan lalu lintas yang bersumber dari ketidak seimbangan antara kapasitas (C) dan volume (V) dapat ditempuh antara lain dengan menambah kapasitas (C) dan atau mengurangi volume (V).

B. Jenis-Jenis Persimpangan

Secara garis besarnya persimpangan terbagi dalam 2 bagian :

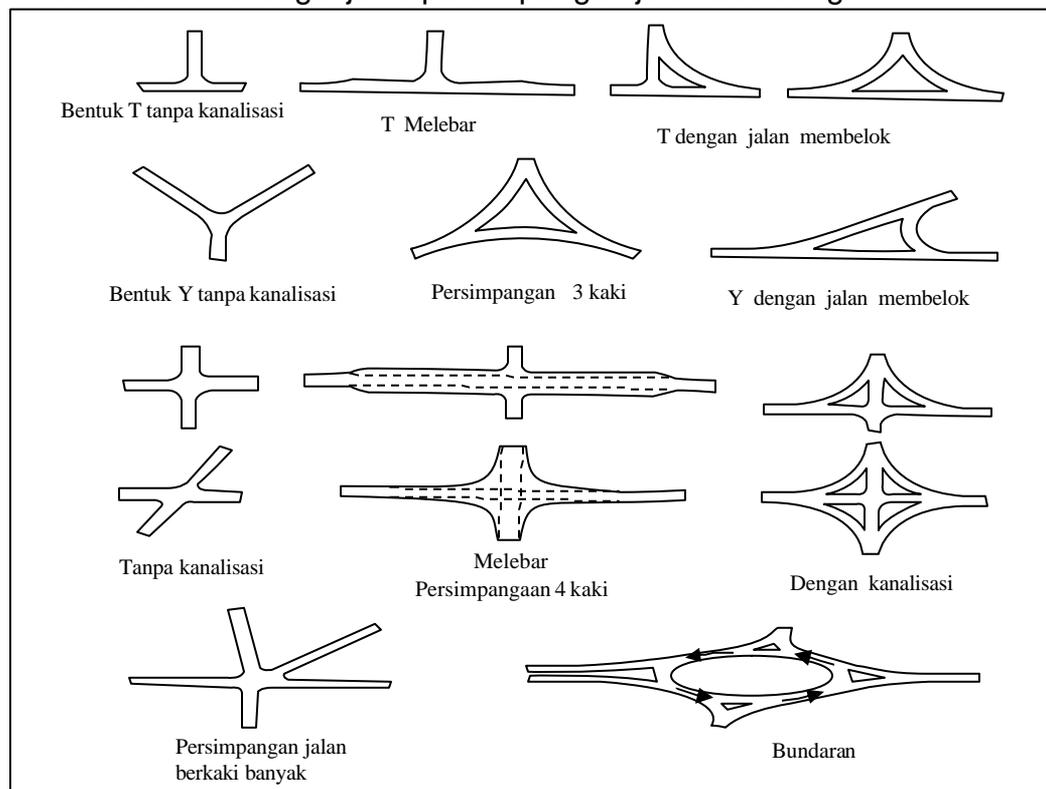
1. Persimpangan sebidang.
2. Persimpangan tak sebidang

Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk persimpangan mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat belawanan dengan lalu lintas lainnya.

Pada persimpangan sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya dipisahkan menjadi 2 bagian :

1. Simpang bersinyal (signalised intersection) adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir.
2. Simpang tak bersinyal (unsignalised intersection) adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan sinyal pada pengaturannya.

Gambar 1. Berbagai jenis persimpangan jalan sebidang

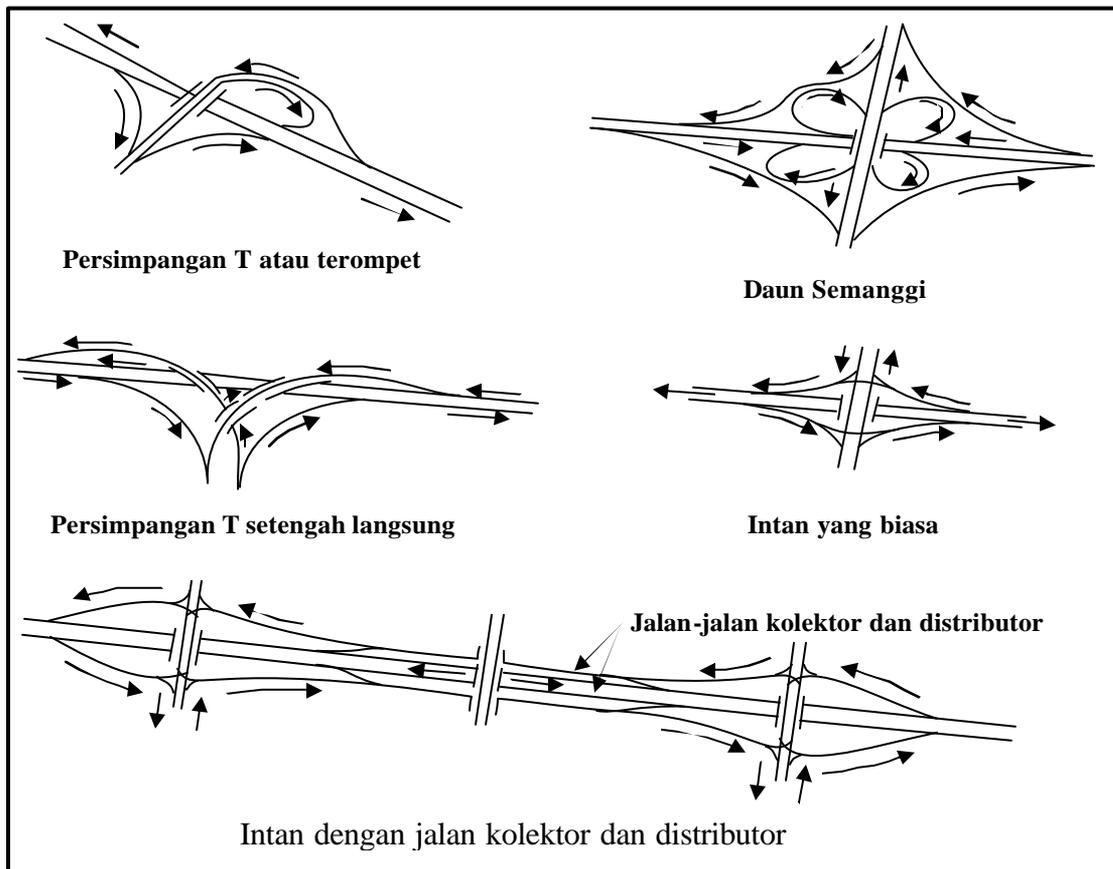


Sumber : Morlok, E. K. (1991)

Sedangkan persimpangan tak sebidang, sebaiknya yaitu memisahkan-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga persimpangan jalur dari kendaraan-kendaraan hanya terjadi pada tempat

dimana kendaraan-kendaraan memisah dari atau bergabung menjadi satu lajur gerak yang sama. (contoh jalan layang), karena kebutuhan untuk menyediakan gerakan membelok tanpa berpotongan, maka dibutuhkan tikungan yang besar dan sulit serta biayanya yang mahal. Pertemuan jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi oleh topografi. Adapun contoh simpang susun disajikan secara visual pada gambar berikut.

Gambar 2. Beberapa contoh simpang susun jalan bebas hambatan.

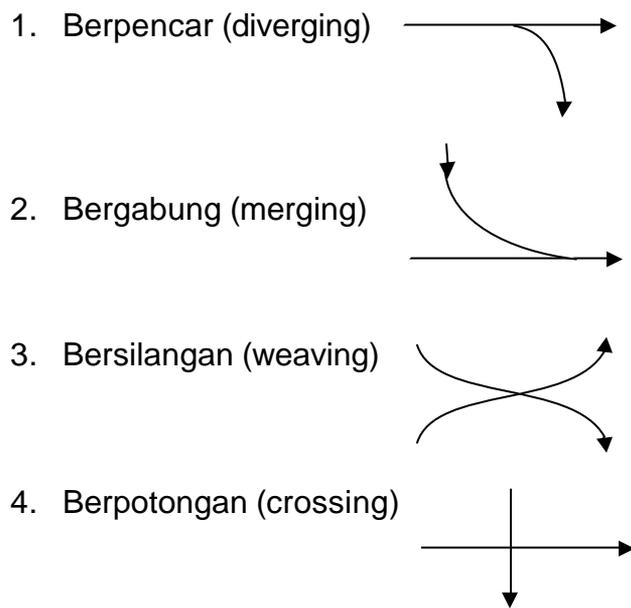


Sumber Morlok, E.K, (1991)

Pergerakan arus lalu lintas pada persimpangan juga membentuk suatu manuver yang menyebabkan sering terjadi konflik dan tabrakan kendaraan.

Pada dasarnya manuver dari kendaraan dapat dibagi atas 4 jenis, yaitu :

Gambar 3. Jenis-jenis dasar pergerakan (lanjutan)



Sumber : Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas & Angkutan Kota, (1999; hal.31)

C. Karakteristik Lalu Lintas

1. Arus lalu lintas jalan

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga(1997), arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang melalui titik tertentu persatuan waktu, dinyatakan dalam kendaraan perjam atau smp/jam. Arus lalu lintas perkotaan terbagi menjadi empat (4) jenis yaitu :

a. Kendaraan ringan / *Light vehicle* (LV)

Meliputi kendaraan bermotor 2 as beroda empat dengan jarak as 2,0–3,0 m (termasuk mobil penumpang, mikrobis, pick-up, truk kecil, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan berat/ *Heavy Vehicle* (HV)

Meliputi kendaraan motor dengan jarak as lebih dari 3,5 m biasanya beroda lebih dari empat (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as, dan truk kombinasi).

c. Sepeda motor/ *Motor cycle* (MC)

Meliputi kendaraan bermotor roda 2 atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai sistem klasifikasi Bina Marga)

d. Kendaraan tidak bermotor / *Un motorized* (UM)

Meliputi kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia, hewan, dan lain-lain (termasuk becak, sepeda, kereta kuda, kereta dorong dan lain-lain sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pengamatan dalam satu satuan waktu. Volume lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Morlok, E.K. 1991) berikut :

$$q = \frac{n}{t} \quad (1)$$

Dimana : q = volume lalu lintas yang melalui suatu titik

n = jumlah kendaraan yang melalui titik itu dalam interval waktu pengamatan

t = interval waktu pengamatan

3. Kecepatan

Kecepatan merupakan besaran yang menunjukkan jarak yang ditempuh kendaraan dibagi waktu tempuh. Kecepatan dapat diukur sebagai kecepatan titik, kecepatan perjalanan, kecepatan ruang dan kecepatan gerak. Kelambatan merupakan waktu yang hilang pada saat kendaraan berhenti, atau tidak dapat berjalan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan karena adanya sistem pengendali atau kemacetan lalu-lintas. Adapun rumus untuk menghitung kecepatan (Morlok, E.K. 1991) :

$$V = \frac{d}{t} \quad (2)$$

Dimana : V = kecepatan (km/jam, m/det)

d = jarak tempuh (km, m)

t = waktu tempuh (jam, detik)

4. Kepadatan

Kepadatan adalah jumlah rata-rata kendaraan persatuan panjang jalur gerak dalam waktu tertentu, dan dapat dihitung dengan rumus (Morlok, E. K. 1991) berikut :

$$K = \frac{n}{L} \quad (3)$$

Dimana : K = kepadatan (kend/km)

n = jumlah kendaraan di jalan

L = panjang jalan (km)

5. Kapasitas

Kapasitas jalan adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu. Penghitungan kapasitas suatu ruas jalan perkotaan (MKJI 1997) sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \quad (4)$$

dimana :

C = kapasitas ruas jalan (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sp} = faktor penyesuaian pemisahan arah

FC_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota

Kapasitas dasar (C_0) jalan ditentukan berdasarkan tipe jalan dan jumlah jalur, terbagi atau tidak terbagi, seperti dalam tabel berikut :

Tabel 2. Kapasitas (C_0)

| No | Tipe jalan | Kapasitas dasar (smp/jam) | Keterangan |
|----|------------------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1 | Empat lajur terbagi | 1650 | Perlajur |
| 2 | Empat lajur tidak terbagi (4/2 UD) | 1500 | Perlajur |
| 3 | Dua lajur tidak terbagi (2/2 UD) | 2900 | Total untuk dua arah |

Sumber: (MKJI 1997)

6. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai (DS) menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Untuk menghitung derajat kejenuhan pada suatu ruas jalan perkotaan dengan rumus (MKJI 1997) sebagai berikut :

$$DS = Q/C \quad (5)$$

dimana :

DS = derajat kejenuhan

Q = arus maksimum (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

D. Hambatan Samping

Hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas dari aktifitas samping segmen jalan. Banyaknya aktifitas samping jalan sering menimbulkan berbagai konflik yang sangat besar pengaruhnya terhadap kelancaran lalu lintas.

Adapun factor-faktor yang mempengaruhi nilai kelas hambatan samping dengan frekwensi bobot kejadian per jam per 200 meter dari segmen jalan yang diamati, pada kedua sisi jalan.(MKJI 1997) seperti tabel berikut :

Tabel 3. Penentuan tipe fekwensi kejadian hambatan samping

| Tipe kejadian hambatan samping | Simbol | Faktor bobot |
|---------------------------------------|--------|--------------|
| Pejalan kaki | PED | 0,5 |
| Kendaraan parkir | PSV | 1.0 |
| Kendaraan masuk dan keluar sisi jalan | EEV | 0.7 |
| Kendaraan lambat | SMV | 0.4 |

Sumber : (MKJI 1997)

Untuk mengetahui nilai kelas hambatan samping, maka tingkat hambatan samping telah dikelompokkan dalam 5 kelas dari yang sangat rendah sampai tinggi dan sangat tinggi.

Tabel 4. Nilai kelas hambatan samping

| Kelas hambatan samping (SCF) | Kode | Jumlah kejadian per 200 m perjam | Kondisi daerah |
|------------------------------|------|----------------------------------|---|
| Sangat rendah | VL | <100 | Daerah pemukiman; hampir tidak ada kegiatan |
| Rendah | L | 100-299 | Daerah pemukiman; berupa angkutan umum, dasb |
| Sedang | M | 300-499 | Daerah industri, beberapa toko di jalan |
| Tinggi | H | 500-899 | Daerah komersial; aktifitas sisi jalan yang sangat tinggi |
| Sangat tinggi | VH | >900 | Daerah komersial; aktifitas pasar di samping jalan |

Sumber : (MKJI 1997)

Dalam menentukan nilai kelas hambatan samping digunakan rumus

(MKJI 1997) :

$$SCF = PED + PSV + EEV + SMV$$

Dimana :

SFC = kelas hambatan samping

PED = frekwensi pejalan kaki

PSV = frekwensi bobot kendaraan parkir

EEV = frekwensi bobot kendaraan masuk/keluar sisi jalan.

SMV = frekwensi bobot kendaraan lambat

1. Faktor Pejalan Kaki.

Aktifitas pejalan kaki merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai kelas hambatan samping, terutama pada daerah-daerah yang merupakan kegiatan masyarakat seperti pusat-pusat perbelanjaan.

Banyak jumlah pejalan kaki yang menyebrang atau berjalan pada samping jalan dapat menyebabkan laju kendaraan menjadi terganggu. Hal ini semakin diperburuk oleh kurangnya kesadaran pejalan kaki untuk menggunakan fasilitas-fasilitas jalan yang tersedia, seperti trotoar dan tempat-tempat penyeberangan.

2. Faktor kendaraan parkir dan berhenti

Kurangnya tersedianya lahan parkir yang memadai bagi kendaraan dapat menyebabkan kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan. Pada daerah-daerah yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi, kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan dapat memberikan pengaruh terhadap kelancaran arus lalu lintas.

Kendaraan parkir dan berhenti pada samping jalan akan mempengaruhi kapasitas lebar jalan dimana kapasitas jalan akan semakin sempit karena pada samping jalan tersebut telah diisi oleh kendaraan parkir dan berhenti.

3. Faktor kendaraan masuk/keluar pada samping jalan

Banyaknya kendaraan masuk/keluar pada samping jalan sering menimbulkan berbagai konflik terhadap arus lalu lintas perkotaan. Pada daerah-daerah yang lalu lintasnya sangat padat disertai dengan aktifitas masyarakat yang cukup tinggi, kondisi ini sering menimbulkan masalah dalam

kelancaran arus lalu lintas. Dimana arus lalu lintas yang melewati ruas jalan tersebut menjadi terganggu yang dapat mengakibatkan terjadinya kemacetan.

4. Faktor kendaraan lambat

Yang termasuk dalam kendaraan lambat adalah becak, gerobak dan sepeda. Laju kendaraan yang berjalan lambat pada suatu ruas jalan dapat mengganggu aktifitas-aktifitas kendaraan yang yang melewati suatu ruas jalan. Oleh karena itu kendaraan lambat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai kelas hambatan samping.

E. Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui kualitas suatu ruas jalan tertentu dalam melayani arus lalu lintas yang melewatinya. Hubungan antara kecepatan dan volume jalan perlu di ketahui karena kecepatan dan volume merupakan aspek penting dalam menentukan tingkat pelayanan jalan. Apabila volume lalu lintas pada suatu jalan meningkat dan tidak dapat mempertahankan suatu kecepatan konstan, maka pengemudi akan mengalami kelelahan dan tidak dapat memenuhi waktu perjalanan yang direncanakan.

Menurut Warpani (2002), tingkat pelayanan adalah ukuran kecepatan laju kendaraan yang dikaitkan dengan kondisi dan kapasitas jalan.

Morlok (1991), mengatakan ada beberapa aspek penting lainnya yang dapat mempengaruhi tingkat pelayanan jalan antara lain : kenyamanan, keamanan, keterandalan, dan biaya perjalanan (tarif dan bahan bakar).

Tingkat pelayanan jalan di klasifikasikan yang terdiri dari enam (6) tingkatan yang terdiri dari tingkat pelayanan A sampai dengan tingkat pelayanan F. Selanjutnya tingkat pelayanan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Standar tingkat pelayanan jalan

| Tingkat pelayanan jalan | Kecepatan ideal (km/jam) | Karakteristik |
|-------------------------|--------------------------|---|
| A | > 48,00 | Arus bebas, volume rendah, kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki |
| B | 40,00 – 48,00 | Arus stabil, volume sesuai untuk jalan luar kota, kecepatan terbatas |
| C | 32,00 – 40,00 | Arus stabil, volume sesuai untuk jalan kota, kecepatan dipengaruhi oleh lalu lintas |
| D | 25,60 – 32,00 | Mendekati arus tidak stabil, kecepatan rendah |
| E | 22,40 – 25,60 | Arus tidak stabil, volume mendekati kapasitas, kecepatan rendah |
| F | 0,00 – 22,40 | Arus terhambat, kecepatan rendah, volume di atas kapasitas, banyak berhenti |

Sumber : Morlok , E. K. (1991)

F. Kinerja Simpang Bersinyal

1. Lampu Lalu Lintas

Lampu lalu lintas adalah peralatan yang dioperasikan secara mekanis, atau elektrik untuk memerintahkan kendaraan-kendaraan agar berhenti atau berjalan. Peralatan standar ini terdiri dari sebuah tiang, dan kepala lampu dengan tiga lampu yang warnanya beda (merah, kuning, hijau)

Tujuan dari pemasangan lampu lalu lintas MKJI (1997) adalah :

- a. Menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas yang berlawanan, sehingga kapasitas persimpangan dapat dipertahankan selama keadaan lalu lintas puncak.
- b. Menurunkan tingkat frekwensi kecelakaan
- c. Mempermudah menyeberangi jalan utama bagi kendaraan dan/ atau pejalan kaki dari jalan minor.

Lampu lalu lintas dipasang pada suatu persimpangan berdasarkan alasan spesifik (C. Jotin Khisty and B. Ken Lall, 2003) :

- a. Untuk meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan.
- b. Untuk mengurangi waktu tempuh rata-rata disebuah persimpangan, sehingga meningkatkan kapasitas.
- c. Untuk menyeimbangkan kualitas pelayanan di seluruh aliran lalu lintas.

Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif, terutama untuk volume lalu lintas pada kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalu lintas pada waktu yang berbeda (Alamsyah, 2005)

Beberapa istilah yang digunakan dalam operasional lampu persimpangan bersinyal (Liliani, 2002)) :

- a. Siklus, urutan lengkap suatu lampu lalu lintas
- b. Fase (*phase*), adalah bagian dari suatu siklus yang dialokasikan untuk kombinasi pergerakan secara bersamaan.

- c. Waktu hijau efektif, adalah periode waktu hijau yang dimanfaatkan pergerakan pada fase yang bersangkutan.
- e. Waktu antar hijau, waktu antara lampu hijau untuk satu fase dengan awal lampu hijau untuk fase lainnya.
- f. Rasio hijau, perbandingan antara waktu hijau efektif dan panjang siklus.
- g. Merah efektif, waktu selama suatu pergerakan atau sekelompok pergerakan secara efektif tidak diijinkan bergerak, dihitung sebagai panjang siklus dikurangi waktu hijau efektif.
- h. *Lost time*, waktu hilang dalam suatu fase karena keterlambatan start kendaraan dan berakhirnya tingkat pelepasan kendaraan yang terjadi selama waktu kuning.

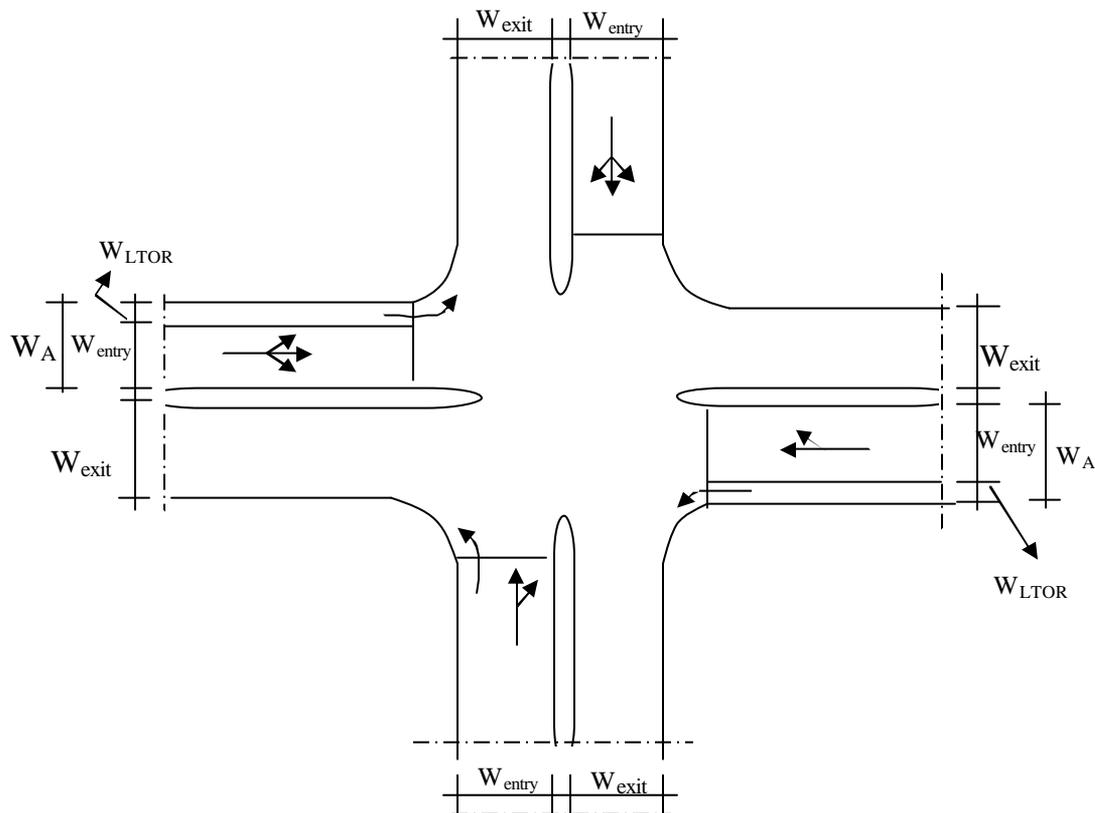
2. Geometrik Persimpangan

Geometrik persimpangan merupakan dimensi yang nyata dari suatu persimpangan. Oleh karenanya perlu di ketahui beberapa defenisi berikut ini :

1. *Approach* (kaki persimpangan), yaitu daerah pada persimpangan yang digunakan untuk antrian kendaraan sebelum menyeberangi garis henti.
2. *Approach width* (W_A) yaitu lebar approach atau lebar kaki persimpangan
3. *Entry width* (Q_{entry}) yaitu lebar bagian jalan pada approach yang digunakan untuk memasuki persimpangan, diukur pada garis perhentian
4. *Exit width* (W_{exit}) yaitu lebar bagian jalan pada approach yang digunakan kendaraan untuk keluar dari persimpangan

5. *Width left turn on red* ($W_{L TOR}$) yaitu lebar approach yang digunakan kendaraan untuk belok kiri pada saat lampu merah

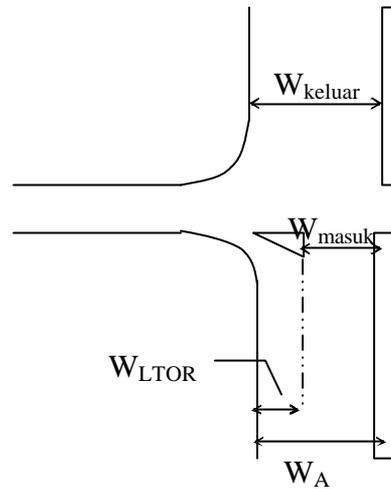
Untuk kelima hal tersebut diatas dapat dilihat dalam gambar berikut :



Gambar 4. Geometrik persimpangan dengan lampu lalu Lintas

6. *Effective approach width* (W_e) yaitu lebar efektif kaki persimpangan yang dijelaskan dalam gambar berikut : (MKJI 1997)

a) Untuk *approach* tipe O dan P



Gambar 5. Lebar efektif kaki persimpangan

jika $W_{LTOR} > 2 \text{ m}$, maka : $W_e = W_A - W_{LTOR}$ atau

$$W_e = W_{\text{entry}}, \text{ (digunakan nilai terkecil)}$$

jika $W_{LTOR} < 2 \text{ m}$, maka : $W_e = W_A$ atau

$$W_e = W_{\text{entry}}, \text{ (digunakan nilai terkecil)}$$

b) Kontrol untuk *approach* tipe P

$$W_{\text{exit}} = W_{\text{entry}} \times (1 - P_{RT} - P_{LT} - P_{L TOR})$$

Dimana :

P_{RT} = rasio volume kendaraan belok kanan terhadap volume total

P_{LT} = rasio volume kendaraan belok kiri terhadap volume total

$P_{L TOR}$ = rasio volume kendaraan belok kiri langsung terhadap volume total

3. Kondisi Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas (Q) pada setiap gerakan (belok kiri Q_{LT} , lurus Q_{ST} , dan belok kanan Q_{RT}) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) perjam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Nilai emp tiap jenis kendaraan berdasarkan pendekatnya dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 6. Nilai emp untuk jenis kendaraan berdasarkan pendekatan

| Tipe kendaraan | emp | |
|----------------|---------------------|-------------------|
| | Pendekat terlindung | Pendekat terlawan |
| LV | 1.0 | 1.0 |
| HV | 1.3 | 1.3 |
| MC | 0.2 | 0.4 |

Sumber : MKJI (1997)

4. Karakteristik Sinyal Dan Pergerakan Lalu Lintas

Persimpangan pada umumnya diatur oleh sinyal lalu lintas, hal ini dikarenakan beberapa alasan, seperti faktor keselamatan dan efektivitas pergerakan dari arus kendaraan dan pejalan kaki yang saling bertemu pada saat melintasi persimpangan.

Parameter dasar dalam perhitungan pengaturan waktu sinyal secara umum meliputi parameter pergerakan, parameter waktu dan parameter ruang (geometrik). Dalam hal ini, perhitungan waktu sinyal juga termasuk

perhitungan kinerja lalu lintas di persimpangan seperti tundaan, antrian, dan jumlah stop.

a. Penggunaan Sinyal

1. Fase Sinyal

Berangkatnya arus lintas selama waktu hijau sangat dipengaruhi oleh rencana fase yang memperhatikan gerakan kanan. Jika arus belok kanan dari suatu pendekat yang ditinjau dan/atau dari arah berlawanan terjadi dalam fase yang sama dengan arus berangkat lurus dan belok kiri dari pendekat tersebut maka arus berangkat tersebut dianggap terlawan.

Jika tidak ada arus belok kanan dari pendekat-pendekat tersebut atau jika arus belok kanan diberangkatkan ketika lalu lintas lurus dari arah berlawanan sedang menghadapi merah, maka arus berangkat tersebut dianggap sebagai arus terlindung.

2. Waktu Antar Hijau Dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau didefinisikan sebagai waktu antara hijau suatu fase dan awal waktu hijau fase berikutnya. Waktu antar hijau terdiri dari waktu kuning dan waktu merah semua. Waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase, harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan pertama pada fase berikutnya.

Waktu merah semua dirumuskan sebagai berikut

$$\text{Merah semua} = \frac{L_{EV} + l_{EV}}{V_{LV}} + \frac{L_{AV}}{V_{AV, \max}} \quad (6)$$

Dimana :

L_{EV}, L_{AV} = jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

l_{EV} = panjang kendaraan yang berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = kecepatan masing-masing kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Nilai-nilai yang dipilih untuk V_{EV} , V_{AV} dan l_{EV} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Untuk Indonesia, nilai-nilai tersebut ditentukan sebagai berikut :

Kecepatan kendaraan yang datang : $V_{AV} = 10$ m/det (kend. bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat : $V_{EV} = 10$ m/det (kend. bermotor)

3 m/det (kend tak bermotor)

1.2 m/det (pejalan kaki)

Panjang kendaraan yang berangkat : $l_{EV} = 5$ m (LV atau HV)

2 m (MC atau UM)

Jika periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan maka waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau.

$$LTI = \sum (\text{Merah Semua} + \text{Kuning})_i = \sum l_{gi} \quad (7)$$

b. Penentuan Waktu Sinyal

1. Tipe Pendekat Efektif

Tipe pendekat pada persimpangan bersinyal umumnya dibedakan atas dua macam yaitu :

- a. Tipe terlindung (tipe P) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan tanpa terjadi konflik antar kaki persimpangan yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama.
- b. Tipe terlawan (tipe O) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan dimana terjadi konflik antara kendaraan berbelok kanan dengan kendaraan yang bergerak lurus atau belok kiri dari approach yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama.

2. Lebar Pendekat Efektif.

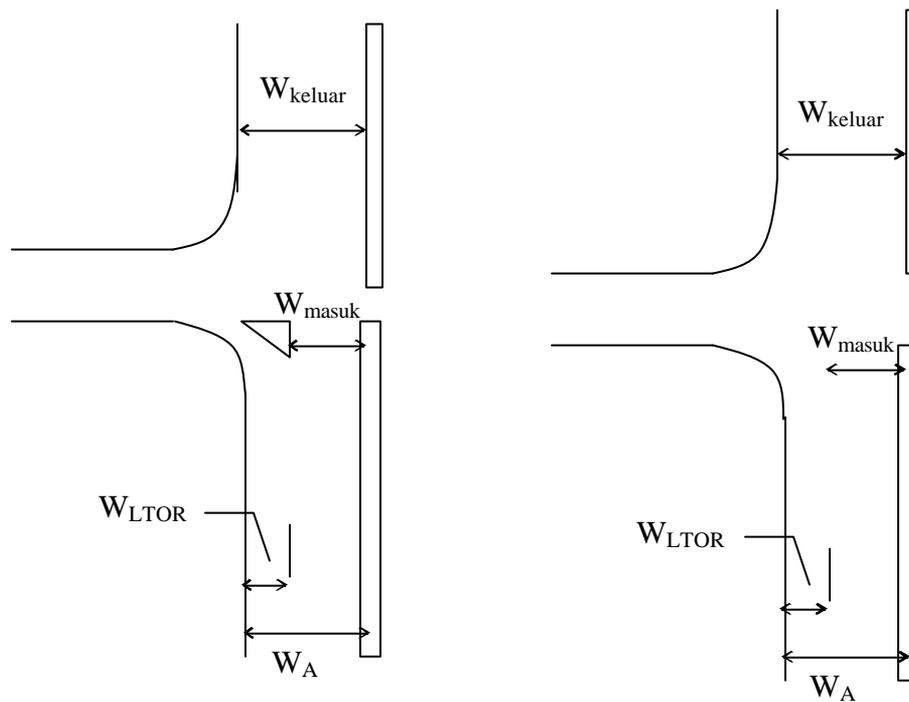
Lebar efektif (W_e) dari setiap pendekat ditentukan berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{masuk}), dan lebar keluar (W_{keluar}) serta rasio arus lalu lintas berbelok.

a. Prosedur untuk pendekat tanpa belok kiri langsung (LTOR)

Jika $W_{keluar} < W_e \times (1 - P_{RT} - P_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{keluar} dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ($Q = Q_{ST}$)

b. Prosedur untuk pendekat dengan belok kiri langsung (LTOR)

Lebar efektif (W_e) dapat dihitung untuk pendekat dengan atau tanpa pulau lalu lintas seperti gambar berikut :



Gambar 6. Pendekat dengan atau tanpa pulau lalu Lintas

Untuk penanganan keadaan yang mempunyai arus belok kanan lebih besar dari pada yang terdapat dalam diagram, dapat dilihat dalam contoh berikut ini :

1. Tanpa lajur belok kanan tidak terpisah

- jika $Q_{RTO} > 250$ smp/jam :

$Q_{RT} < 250$ smp/jam: a. Tentukan S_{PROV} pada $Q_{RTO} = 250$

b. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{PROV} - (Q_{RTO} - 250) \times 8 \text{ smp/jam}$$

$Q_{RT} > 250$ smp/jam : a. Tentukan S_{PROV} pada Q_{RTO} dan $Q_{RT} = 250$

b. Tentukan S sesungguhnya sebagai

$$S = S_{\text{PROV}} - \lambda(Q_{\text{RTO}} + Q_{\text{RT}} - 500) \times 2?$$

- jika $Q_{\text{RTO}} < 250$ smp/jam dan $Q_{\text{RT}} > 250$ smp/jam : tentukan S seperti pada $Q_{\text{RT}} = 250$

2. Lajur belok kanan terpisah

- Jika $Q_{\text{RTO}} > 250$ smp/jam :
 $Q_{\text{RT}} < 250$ smp/jam: Tentukan S dengan ekstrapolasi
 $Q_{\text{RT}} > 250$ smp/jam : Tentukan S_{PROV} pada Q_{RTO} dan $Q_{\text{RT}} = 250$
- Jika $Q_{\text{RTO}} < 250$ smp/jam dan $Q_{\text{RT}} > 250$ smp/jam : tentukan S dengan ekstrapolasi.

3. Faktor-Faktor Penyesuaian

Faktor-faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar pada kedua tipe pendekat P dan O adalah sebagai berikut :

- a. Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dengan tabel berikut sebagai fungsi dari ukuran kota.

Tabel 7. Faktor penyesuaian ukuran kota

| Penduduk kota (juta jiwa) | Faktor penyesuaian ukuran kota (Fcs) |
|------------------------------|---|
| > 3.0 | 1.05 |
| 1.0 – 3.0 | 1.00 |
| 0.5 – 1.0 | 0.94 |
| 0.1 – 0.5 | 0.83 |
| < 0.1 | 0.82 |

Sumber : MKJI (1997)

b. Faktor penyesuaian hambatan samping

Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dengan tabel dengan tabel berikut :

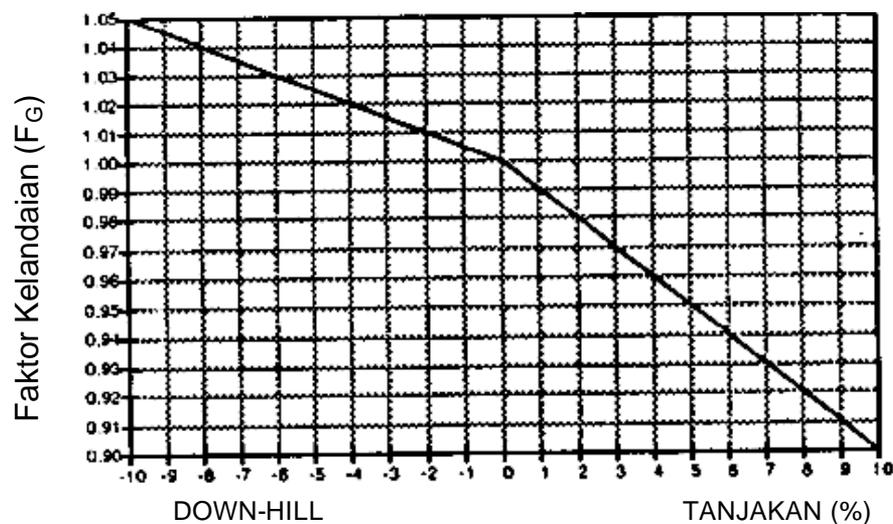
Tabel 8. Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor

| Lingkungan jalan | Hambatan samping | Tipe fase | Rasio kendaraan tak bermotor | | | | | |
|------------------|----------------------|------------|------------------------------|------|------|------|------|-------------|
| | | | 0.00 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.2 | ≥ 0.25 |
| Komersial | Tinggi | Terlawan | 0.93 | 0.88 | 0.84 | 0.79 | 0.74 | 0.7 |
| | | Terlindung | 0.93 | 0.91 | 0.88 | 0.87 | 0.85 | 0.81 |
| | Sedang | Terlawan | 0.94 | 0.89 | 0.85 | 0.80 | 0.75 | 0.71 |
| | | Terlindung | 0.94 | 0.92 | 0.89 | 0.88 | 0.86 | 0.82 |
| | Rendah | Terlawan | 0.95 | 0.90 | 0.86 | 0.81 | 0.76 | 0.72 |
| | | terlindung | 0.95 | 0.93 | 0.90 | 0.89 | 0.87 | 0.83 |
| Pemukiman | Tinggi | Terlawan | 0.96 | 0.91 | 0.86 | 0.81 | 0.78 | 0.72 |
| | | Terlindung | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.89 | 0.86 | 0.84 |
| | Sedang | Terlawan | 0.97 | 0.92 | 0.87 | 0.82 | 0.79 | 0.73 |
| | | Terlindung | 0.97 | 0.95 | 0.93 | 0.90 | 0.87 | 0.85 |
| | Rendah | Terlawan | 0.98 | 0.93 | 0.88 | 0.83 | 0.80 | 0.74 |
| | | terlindung | 0.98 | 0.96 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.86 |
| Akses terbatas | Tinggi/sedang/rendah | Terlawan | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.75 |
| | | terlindung | 1.00 | 0.98 | 0.95 | 0.93 | 0.90 | 0.88 |

Sumber : MKJI (1997)

c. Faktor penyesuaian kelandaian sebagai fungsi dari kelandaian (MKJI 1997)

Gambar 7 : Faktor penyesuaian untuk kelandaian (F_G)



- d. Faktor penyesuaian parkir sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama. Faktor ini juga dapat dihitung dari rumus berikut :

$$F_p = \frac{(L_p/3 - (W_A - 2) \times (L_p/3 - g))}{W_A} \times g \quad (8)$$

Dimana :

L_p = jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m)
atau panjang dari lajur pendek

W_A = lebar pendekat (m)

g = waktu hijau pada pendekat

1. Faktor-faktor penyesuaian untuk nilai arus jenuh dasar untuk pendekat tipe P adalah sebagai berikut : (MKJI, 1997)

- a. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) dapat ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan P_{RT} . Untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk

$$F_{RT} = 1.0 + P_{RT} \times 0.26 \quad (9)$$

- b. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri P_{LT} . Untuk pendekat tipe P, tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk

$$F_{LT} = 1.0 - P_{LT} \times 0.16 \quad (10)$$

4. Arus Jenuh

Sebuah studi tentang Bergeraknya kendaraan melewati garis henti disebuah persimpangan menunjukkan bahwa ketika lampu hijau mulai

menyala, kendaraan membutuhkan waktu beberapa saat untuk mulai bergerak dan melakukan percepatan menuju kecepatan normal, setelah beberapa detik, antrian kendaraan mulai bergerak pada kecepatan yang relative konstan, ini disebut Arus jenuh.

MKJI menjelaskan Arus jenuh biasanya dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (11)$$

Dimana :

S_0 = arus jenuh dasar

F_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota, berdasarkan jumlah penduduk.

F_{RSU} = faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan dan hambatan samping.

F_G = faktor kelandaian jalan.

F_P = faktor penyesuaian parkir.

F_{lt} = faktor penyesuaian belok kiri

F_{rt} = faktor penyesuaian belok kanan

5. Rasio Arus

Ada beberapa langkah dalam menentukan rasio arus jenuh yaitu :

- a. Arus lalu lintas masing-masing pendekat (Q)
 1. Jika $W_e = W_{\text{keluar}}$, maka hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai Q
 2. Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (Q) dan yang lainnya arus terlindung (P), maka gabungan arus lalu lintas sebaiknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot untuk kondisi terlawan dan terlindung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan arus jenuh.

- b. Rasio arus (FR) masing-masing pendekat :

$$FR = Q / S \quad (12)$$

- c. Menentukan tanda rasio arus kritis (FR_{CRLT}) tertinggi pada masing-masing fase

- d. Rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR_{CRLT}

$$IFR = \sum (FR_{\text{CRLT}}) \quad (13)$$

- e. Rasio fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{CRLT} dan IFR

$$PR = FR_{\text{CRLT}} / IFR \quad (14)$$

6. Waktu Siklus Dan Waktu Hijau

Panjang waktu siklus pada *fixed time operation* tergantung dari volume lalu lintas. Bila volume lalu lintas tinggi waktu siklus lebih panjang.

Panjang waktu siklus mempengaruhi tundaan kendaraan rata-rata yang melewati persimpangan. Bila waktu siklus pendek, bagian dari waktu siklus yang terambil oleh kehilangan waktu dalam periode antar hijau dan kehilangan waktu awal menjadi tinggi, menyebabkan pengatur sinyal tidak efisien. Sebaliknya bila waktu siklus panjang, kendaraan yang menunggu akan lewat pada awal periode hijau dan kendaraan yang lewat pada akhir periode hijau mempunyai waktu antara yang besar.

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap. (MKJI, 1997)

$$C_{ua} = (1.5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (15)$$

dimana :

C_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = waktu hilang total persiklus (det)

IFR = rasio arus simpang ? (FR_{CRLT})

Tabel di bawah ini memberikan waktu siklus yang disarankan untuk keadaan yang berbeda :

Tabel 9. Waktu siklus yang disarankan

| Tipe pengaturan | Waktu siklus yang layak (det) |
|-----------------------|-------------------------------|
| Pengaturan dua fase | 40 – 80 |
| Pengaturan tiga fase | 50 – 100 |
| Pengaturan empat fase | 80 - 130 |

Sumber : MKJI (1997)

2. Waktu hijau

Waktu hijau (g) untuk masing-masing fase :

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (16)$$

Dimana : g_i = tampilan waktu hijau pada fase I (det)

C_{ua} = waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = waktu hilang total persiklus

PR_i = rasio fase $FR_{CRLT} / ? (FR_{CRLT})$

3. Waktu siklus yang disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI) :

$$c = ?g + LTI \quad (17)$$

Komponen-komponen waktu siklus meliputi :

- a.. Waktu hijau, yaitu waktu nyala hijau pada suatu periode pendekat (detik).
- b. Waktu kuning (amber) adalah waktu kuning dinyalakan setelah hijau dari suatu pendekat (detik).
- c. Waktu merah semua (all red) adalah waktu dimana sinyal merah menyala bersamaan dalam pendekat-pendekat yang dilayani oleh fase sinyal yang berlawanan.
- d. Waktu antar hijau (intergreen) adalah periode kuning dan waktu merah semua (*all red*) yang merupakan transisi dari hijau ke merah untuk setiap fase sinyal.

7. Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah maksimum arus kendaraan yang dapat melewati persimpangan jalan (*intersection*).

Menghitung kapasitas masing-masing pendekat :

$$C = S \times g/c \quad (18)$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus (detik)

Menghitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat :

$$DS = Q / C \quad (19)$$

Dimana :

DS = derajat kejenuhan

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas (smp/jam)

8. Perilaku Lalu Lintas

Dalam menentukan perilaku lalu lintas pada persimpangan bersinyal dapat ditetapkan berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

a. Panjang Antrian

1. Untuk menghitung jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau sebelumnya digunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. (MKJI, 1997)

Untuk $DS > 0.5$:

$$NQ_1 = 0.25 \times C \times (DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0.5)}{C}} \quad (20)$$

Untuk $DS < 0.5$ atau $DS = 0.5$; $NQ_1 = 0$

Dimana :

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

C = kapasitas (smp/jam) = arus jenuh dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

2. Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2)

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (21)$$

Dimana :

NQ_2 = jumlah smp yang tersisa dari fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau (g/c)

c = waktu siklus

Q_{masuk} = arus lalu lintas pada tempat masuk di luar LTOR (smp/jam)

3. Jumlah kendaraan antri

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (22)$$

4. Panjang antrian (QL) dengan mengalikan NQ_{\max} dengan luas rata-rata yang dipergunakan persmp (20 m_2) kemudian bagilah dengan lebar masuknya

$$QL ? \frac{NQ_{\max} \times 20}{W_{\text{masuk}}} \quad (23)$$

b. Kendaraan Terhenti

1. Angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp. NS adalah fungsi dari NQ dibagi dengan waktu siklus. (MKJI, 1997)

$$NS ? 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad (24)$$

Dimana : c = waktu siklus

Q = arus lalu lintas

2. Jumlah kendaraan terhenti N_{SV} masing-masing pendekat

$$N_{SV} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (25)$$

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

$$NS_{\text{tot}} ? \frac{N_{SV}}{Q_{\text{total}}} \quad (26)$$

c. Tundaan

1. Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang.

$$DT = C \times A \times \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad (27)$$

Dimana :

DT = tundaan lalulintas rata-rata (det/smp)

C = waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0.5 \times (1 + GR)^2}{(1 + GR \times DS)}$$

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat kejenuhan

NQ₁ = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (smp/jam)

2. Tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (28)$$

Dimana :

DG_j = tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

P_{SV} = rasio kendaraan terhenti pada pendekat

P_T = rasio kendaraan berbelok

3. Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_1) diperoleh dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{tot}) dalam smp/jam

$$D_1 = \frac{\sum Q_j D_j}{Q_{total}} \quad (29)$$

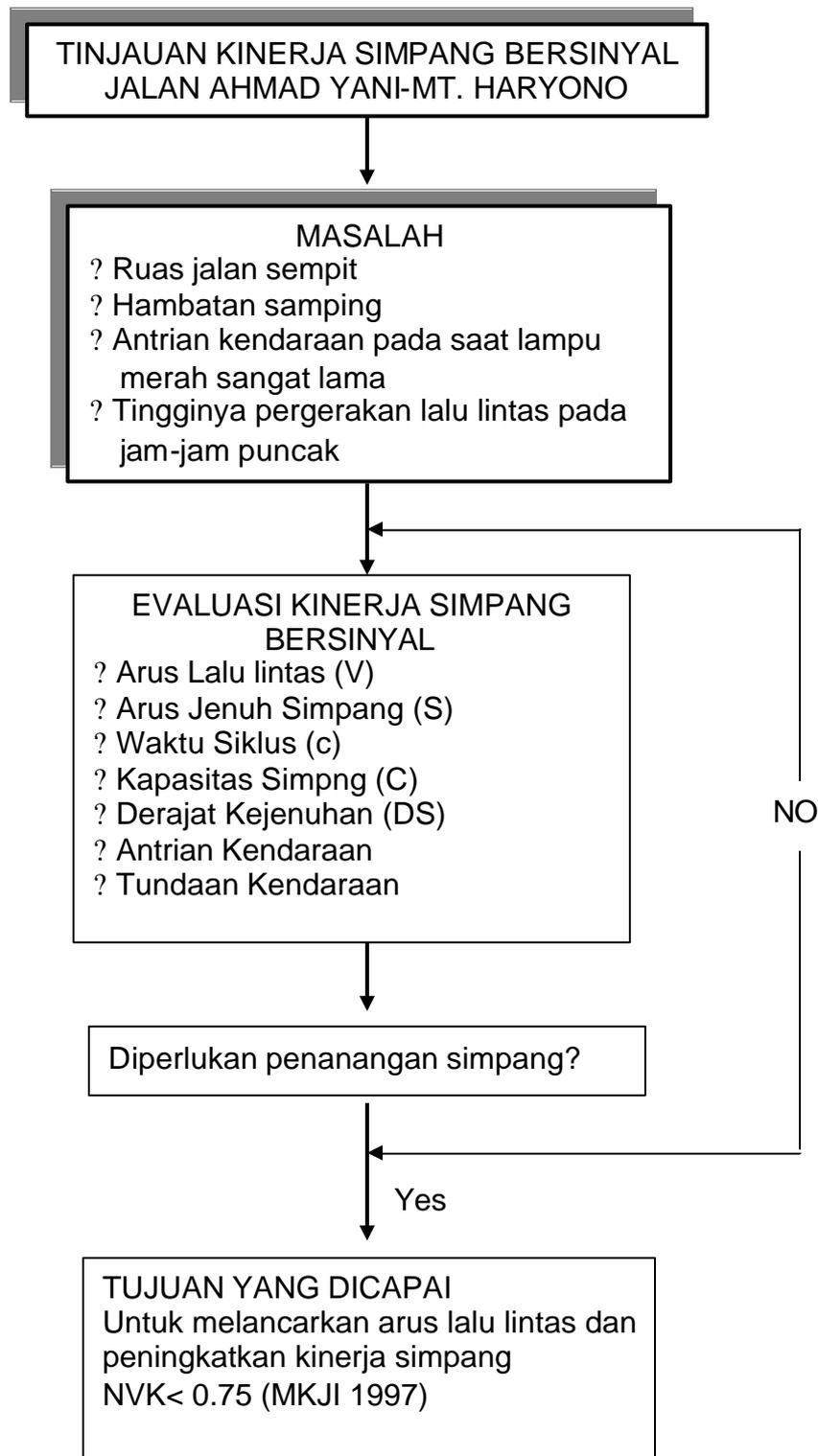
Menurut Tamin (2000), jika kendaraan berhenti terjadi antrian dipersimpangan sampai kendaraan tersebut keluar dari persimpangan karena adanya pengaruh kapasitas persimpangan yang sudah tidak memadai. Semakin tinggi nilai tundaan semakin tinggi pula waktu tempuhnya. Untuk menentukan indeks tingkat pelayanan (ITP) suatu persimpangan :

Tabel 10. ITP pada persimpangan berlampu lalu lintas

| Indeks Tingkat Pelayanan (ITP) | Tundaan kendaraan (detik) |
|--------------------------------|---------------------------|
| A | $\leq 5,0$ |
| B | 5,1-15,0 |
| C | 15,0-25,0 |
| D | 25,1-40,1 |
| E | 40,1-60,0 |
| F | ≥ 60 |

Sumber : Tamin (2000)

G. Kerangka pikir



Gambar 8 : Kerangka pikir