

TUGAS AKHIR

**ANALISA PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS OPTIMUM
PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JL. JEND. AHMAD YANI
SIMPANG JL. MASJID KOTA RANTAU PRAPAT
(Studi Kasus)**

*Diajukan untuk memenuhi Sebagai Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana teknik (ST)
Program Teknik Sipil*

DI SUSUN OLEH:

**DAHLAN SANI RITONGA
1507210210**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : DAHLAN SANI RITONGA

NPM : 1507210210

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : EVALUASI PENENTUAN FASE DAN WAKTU SIKLUS
OPTIMUM PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JL.
JEND. AHMAD YANI SIMPANG JL. MASJID KOTA
RANTAU PRAPAT (Studi Kasus)

Bidang ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juni 2021

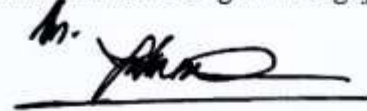
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji




Ir. Zurkiyah, M.T

Dosen Pembimbing II / Penguji



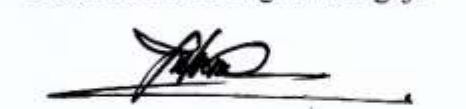
Wiwin Nurzanah, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Hj. Irma Dewi, ST., M.Si

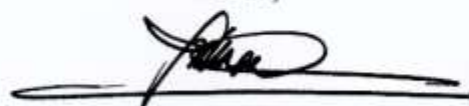
Dosen Pembanding II / Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dahlan Sani Ritonga
Tempat /Tanggal Lahir : Tanjung Medan/ 12 Desember 1996
NPM : 1507210210
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil,

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:
"Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada Persimpangan Bersinyal Jl. Jend. Ahmad Yani Simpang Jl.Masjid Kota Rantau Prapat".
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Skripsi saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juni 2021

Saya yang menyatakan,



Dahlan Sani Ritonga

ABSTRAK

Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada Persimpangan Bersinyal Jl. Jend. Ahmad Yani Simpang Jl. Masjid Kota Rantau Prapat (Studi Kasus)

Dahlan Sani Ritonga
1507210106
Ir, Zurkiyah ,M.T
Wiwin Nurzanah, S.T.,M.T.

Evaluasi penentuan fase dan waktu siklus optimum pada persimpangan bersinyal Jl. Jend. Ahmad Yani simpang Jl. Masjid kota Rantau Prapat. Perencanaan waktu siklus lampu lalu lintas pada persimpangan tersebut tidak optimum karena banyaknya kemacetan yang terjadi di setiap lengan persimpangan untuk mengatasi kemacetan lalu lintas dipersimpangan maka perlu diadakan sistem pengaturan lalu lintas yang baik dan sangat berpengaruh pada kelancaran, kenyamanan dan keselamatan bagi kendaraan yang melewati jalan tersebut. Hasil analisa menunjukkan bahwa penggunaan waktu siklus optimum menghasilkan Derajat kejenuhan rata-rata simpang = 0.932, jumlah kendaraan rata-rata antri = 6.056, Tundaan rata-rata simpang = 34.293. Dengan demikian tingkat pelayanan pada persimpangan adalah LOS D, karena arus lalu lintas adalah dalam kondisi arus berangkat terlindung dimana keberangkatan arus tidak ada titik konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.

Kata Kunci : Siklus Optimum, Jumlah kendaraan rata-rata antri, Derajat kejenuhan

ABSTRACT

Evaluation of Phase Determination and Optimum Cycle Time at Signaled Intersection Jl. Jend. Ahmad Yani Simpang Jl. Rantau Prapat City Mosque (Case study)

Dahlan Sani Ritonga

1507210106

Ir, Zurkiyah, M.T

Wiwin Nurzanah, S.T., M.T.

Evaluation of determining the optimum phase and cycle time at the signalized intersection Jl. Gen. Ahmad Yani intersection Jl. Rantau Prapat city mosque. The traffic light cycle time planning at the intersection is not optimum because of the large number of traffic jams that occur in each arm of the intersection to overcome traffic congestion at the intersection, it is necessary to have a good traffic management system and greatly affect the smoothness, comfort and safety of vehicles passing through the road. . The results of the analysis show that the use of the optimum cycle time results in the average degree of saturation of the intersection = 0.932, the average number of vehicles anti = 6.056, the average delay of the intersection = 34,293. Thus the level of service at the intersection is LOS D, because the traffic flow is in a protected departing current condition where the departure of the flow does not have a conflict point between turning right and moving straight from the approach section with a green light in the same phase.

Keywords: Optimum Cycle, Average number of vehicles queued, Degree of saturation

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini yang berjudul “Evaluasi Penentuan Fase Dan Waktu Siklus Optimum Pada Persimpangan Bersinyal Jl.Jend.Ahmad Yani Simpang Jl.Masjid Kota Rantau Prapat” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
2. Ibu Wiwin Nurzanah, S.T. M.T selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
3. Ibu Irma Dewi, ST, M.Si selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Orang tua penulis: Bapak Sahnuda Ritonga, dan Ibu Siti Hajar Rambe yang telah bersusah payah membesarkan, mendo'akan dan membiayai studi penulis.
9. AKP Putoro Rambe yang tiada hentinya memberi motivasi maupun biaya serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi penulis
10. Sahabat-sahabat penulis: Sandy Lana Harahap, S.T, Gusti Firmansyah Tbn, Andre , Somed, Jarjit, , Suma A P, teman-teman B2 siang dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Juni 2020

Dahlan Sani Ritonga

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| HALAMAN DEPAN | |
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| HALAMAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | ii |
| ABSTRAK | iii |
| <i>ABSTRACT</i> | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Ruang Lingkup Penelitian | 2 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6. Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Umum | 5 |
| 2.2. Jenis-Jenis Persimpangan | 6 |
| 2.3.1. Volume Dan Kecepatan Rencana | 8 |
| 2.3.2. Pengendalian Persimpangan | 10 |
| 2.4. Lebar Dan Jumlah Lajur Pada Kaki Persimpangan | 14 |
| 2.5. Konflik Lalu Lintas | 14 |
| 2.6. Persimpangan Dengan Lampu Lalu Lintas | 15 |
| 2.6.1. Dasar Operasional Sinyal Lampu Lalu Lintas | 16 |
| 2.7. Sistem Operasional Lampu Lalu Lintas | 20 |
| 2.7.1. Operasional Waktu Sinyal Tetap (<i>Fixed Time Signal Operation</i>) | 20 |
| 2.7.2. Operasional Waktu Sinyal Separuh Nyata (<i>Semi Actuated Operation</i>) | 21 |
| 2.8. Penentuan Arus Lalu Lintas Jenuh | 22 |

| | |
|--|----|
| 2.8.1. Pengukuran Arus Jenuh | 23 |
| 2.8.2. Estimasi Arus Jenuh | 23 |
| 2.9. Kapasitas Persimpangan Jalan | 24 |
| 2.9.1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas | 25 |
| 2.9.2. Kapasitas Dari Persimpangan Bersinyal | 25 |
| 2.10. Perilaku Lalu-Lintas | 27 |
| 2.10.1. Panjang Antrian | 27 |
| 2.10.2. Angka Henti | 27 |
| 2.10.3. Tundaan (<i>Delay</i>) | 27 |
| 2.10.4. Derajat Kejenuhan | 29 |
| 2.10.5. Faktor Jam Puncak | 31 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | |
| 3.1. Bagan Alir Penelitian | 32 |
| 3.2. Pengumpulan Data | 33 |
| 3.2.1. Data Primer | 33 |
| 3.2.2. Pengumpulan Data Volume Lalu Lintas | 34 |
| 3.2.3. Pengumpulan Data Geometrik Persimpangan | 34 |
| 3.2.4. Pengumpulan Data Sinyal | 35 |
| 3.2.5. Pengumpulan Data Kondisi Lingkungan | 35 |
| 3.3. Analisa Data | 36 |
| 3.3.1. Jalan Jend.Ahmad Yani | 36 |
| 3.3.2. Kodisi Sinyal Dan Geometrik Simpang | 36 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1. Pengumpulan Data | 38 |
| 4.1.1. Lokasi | 38 |
| 4.2. Periode Survei | 38 |
| 4.2.1. Arus Lalu Lintas Aktual | 38 |
| 4.2.2. Arus Lalu Lintas Jenuh | 38 |
| 4.3. Analisa Data | 39 |
| 4.3.1. Jalan Jend.Ahmad Yani | 39 |
| 4.3.2. Jalan. Mesjid | 41 |
| 4.4. Perhitungan Waktu Siklus Optimum | 43 |
| 4.4.1. Penggunaan Dua Fase Dengan Perhitungan Waktu Siklus Optimum | 44 |

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 46

5.2. Saran 46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1: Simpang 3 Lengan (MKJI) | 7 |
| Gambar 2.2: Simpang 4 Lengan (MKJI) | 7 |
| Gambar 2.3: Simpang 8 Lengan (MKJI) | 7 |
| Gambar 2.4: Bundaran (MKJI) | 8 |
| Gambar 2.5: Rambu Pengendali Persimpangan | 13 |
| Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian | 32 |
| Gambar 3.2: Denah Lokasi | 33 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1: Lebar Lajur Perkerasan | 14 |
| Tabel 2.2: Waktu Antar Hijau Indonesia | 19 |
| Tabel 2.3: Tingkat Pelayanan | 28 |
| Tabel 2.4: Hubungan Tingkat Pelayanan Dengan Derajat Kejenuhan (<i>Highway Capacity Manual</i>) | 30 |
| Tabel 3.1: Persimpangan Bersinyal | 37 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lalu lintas dapat menjadi barometer kemajuan dari suatu daerah atau kota yang volume lalu lintas tinggi. Lalu lintas lancar dan teratur dapat menunjukkan bahwa disiplin berlalu lintas dari penduduknya juga tinggi yang berarti pembangunan pada daerah tersebut berkembang secara baik. Semakin meningkatnya perekonomian penduduk sehingga mampu untuk memiliki kendaraan pribadi sehingga mengakibatkan semakin ramainya lalu-lintas pada kota-kota yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi. Dengan demikian kemacetan dan kesembrautan lalu-lintas juga meningkat.

Untuk mengatasi kemacetan dan kesembrautan lalu-lintas tersebut diperlukan suatu sistem penentuan fase dan pengaturan lalu-lintas yang baik dan sangat berpengaruh pada kelancaran, kenyamanan, dan keselamatan bagi kendaraan yang melewati jalan tersebut. Sistem penentuan fase dan pengaturan lalu-lintas biasanya lebih ditekankan pada lokasi-lokasi dimana terjadi pertemuan-pertemuan jalan atau persimpangan jalan. Karena pada pertemuan dua jalan atau lebih ini mengakibatkan adanya titik konflik yang akhirnya terjadi kemacetan lalu-lintas.

Persimpangan jalan secara konstruksi diklasifikasikan sebagai persimpangan sebidang (*at-grade intersection*) dan persimpangan tidak sebidang (*grade separate intersection*). Dimana persimpangan itu memerlukan fase, menurut Soejono (1996), fase itu adalah suatu alat pemberi isyarat dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu lintas untuk memperlancar arus kendaraan. Sedangkan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), fase adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu-lintas. Berdasarkan pelayanan untuk persimpangan, ada empat jenis control pengaturan lalu-lintas yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Tanpa pengaturan lalu-lintas
2. Pengaturan dengan rambu peringatan

3. Pengaturan dengan rambu berhenti
4. Pengaturan dengan sinyal lalu-lintas (*traffic signal*)

Ketiga jenis persimpangan pertama dapat digolongkan dalam kelompok persimpangan tanpa kendali perangkat pengatur lalu-lintas atau persimpangan tanpa lalu-lintas (*unsignalized intersection*). Sedangkan yang nomor empat disebut juga dengan persimpangan dengan lampu lalu-lintas (*signalized intersection*).

I.2. Rumusan Masalah Penelitian

Aktifitas yang dilakukan masyarakat secara tidak langsung membuat kawasan-kawasan tertentu, dimana daerah tersebut mempunyai suatu aktifitas tertentu yang dominan dilaksanakan didaerah yang dimaksud, maka permasalahan yang diperlukan untuk kajian adalah:

1. Bagaimana sistem pengaturan lampu lalu lintas di persimpangan Jl. Jend. Ahmad Yani simpang Jl. Masjid kota Rantau Prapat.
2. Bagaimana cara mengatasi terjadinya kemacetan dipersimpangan bersinyal Jl. Jend. Ahmad Yani simpang Jl. Masjid kota Rantau Prapat.

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mendapatkan suatu sistem pengaturan pada persimpangan jalan, banyak faktor-faktor yang harus dipertimbangkan untuk mendapatkan pemecahan masalah. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi pokok permasalahan dan penyelesaiannya dengan mengarahkan penulisan ini pada pokok pembahasan yang relevan dengan judul. Faktor yang paling pokok dibahas berkaitan dengan permasalahan pada persimpangan tersebut antara lain :

- Kondisi geometrik
- Volume lalu-lintas
- Titik-titik konflik arus lalu-lintas, dan
- Data sinyal lalu-lintas

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengatasi terjadinya kemacetan yang terjadi disetiap lengan persimpangan. Sedangkan tujuannya adalah:

1. Untuk mengetahui suatu sistem pengaturan lampu lalu-lintas, yakni fase dan waktu siklus yang optimum di persimpangan Jl. Jend. Ahmad Yani simpang Jl. Masjid kota Rantau Prapat
2. Untuk mendapatkan solusi dari masalah kemacetan lalu-lintas di persimpangan Jl. Jend. Ahmad Yani simpang Jl. Masjid kota Rantau Prapat

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Secara praktis memberikan masukan khususnya kepada Pemerintah dalam menerapkan kebijakan agar pergerakan kendaraan dapat terkoordinasi dengan baik dan meminimalkan kemacetan yang terjadi di persimpangan Jl. Jend. Ahmad Yani simpang Jl. Masjid kota Rantau Prapat
2. Bagi penulis merupakan tambahan ilmu pengetahuan dan wawasan yang sangat berharga yang disinkronkan dengan pengetahuan teoritis yang diperoleh dari bangku kuliah, serta sebagai salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memperjelas tahapan yang dilakukan studi ini, penulisan tugas akhir ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Merupakan bingkai studi atau rancangan yang akan meliputi umum, latar belakang, perumusan masalah penelitian, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang metode penelitian umum mengenai perparkiran. Berisi juga tentang dasar-dasar teori yang digunakan dalam penyesuaian masalah-masalah yang ada dan menjadi bahan acuan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang metode penulisan meliputi kerangka penulisan yang berisi metode penelitian, bahan penelitian dan metode survey, peralatan penelitian, waktu penelitian serta metode pengumpulan data yang sesuai dengan tujuannya.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang data perhitungan dan analisis yang telah diperoleh untuk penyelesaian permasalahan kemacetan lalu-lintas di persimpangan Jl. Ahmad Yani Simpang Jl. Sisingamangaraja Kota Siantar.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan yang telah diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya, dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan yang diperlukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Menurut Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (1995), simpang adalah lokasi berbelok atau bercabang dari yang lurus. Persimpangan adalah simpul dalam jaringan transportasi yang memiliki dua atau lebih ruas jalan bertemu, disini arus lalu lintas mengalami konflik. Untuk mengelola konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas agar siapa yang memiliki hak Terlebih dahulu untuk memakai persimpangan.

Menurut Hendarto, dkk., (2001), persimpangan adalah wilayah yang mempunyai dua atau lebih jalan bergabung atau berpotongan/bersilangan. Menurut Hobbs (1995), persimpangan jalan yaitu simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekatan dimana arus kendaraan dari beberapa pendekatan tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan. Menurut Abubakar, dkk., (1995), persimpangan adalah simpul jaringan jalan dimana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan secara bersama-sama dengan lalu lintas lainnya.

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.

Persimpangan merupakan sumber permasalahan arus lalu lintas yang rawan kecelakaan karena terjadi konflik antara kendaraan dengan kendaraan lainnya ataupun antara kendaraan dengan pejalan kaki. Oleh karena itu persimpangan merupakan aspek penting untuk pengendalian lalu lintas. Masalah yang timbul dan berkaitan terjadi pada persimpangan adalah :

1. Volume dan kapasitas
2. Desain geometrik dan kebebasan pandang
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan

4. Parkir, akses dan pembangunan umum
5. Pejalan kaki
6. Jarak antar simpang

2.1.1. Jenis-jenis simpang

Secara garis besarnya terbagi dalam dua bagian:

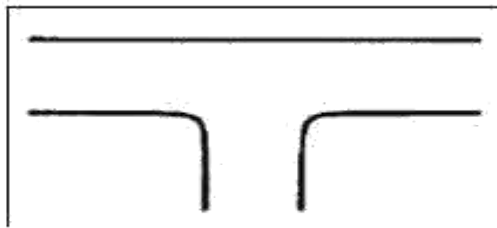
1. Simpang sebidang

Simpang sebidang adalah simpang dimana berbagai jalan atau ujung jalan masuk simpang mengarahkan lalu lintas masuk kejalan yang dapat berlawanan dengan lalu lintas lainnya. Pada simpang sebidang menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintas menjadi 2 (dua) bagian:

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

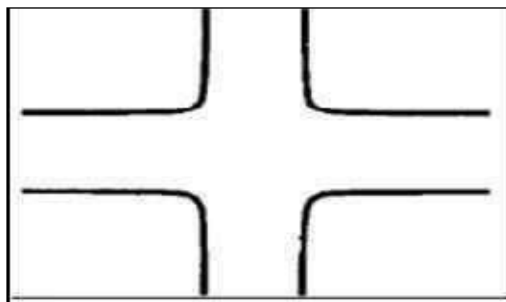
Menurut bentuknya simpang sebidang dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Pertemuan jalan bercabang tiga (simpang tiga)



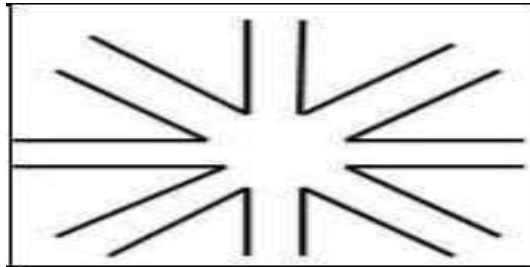
Gambar 2.1 : Simpang 3 lengan (MKJI,1997).

b. Pertemuan jalan bercabang empat (simpang empat)



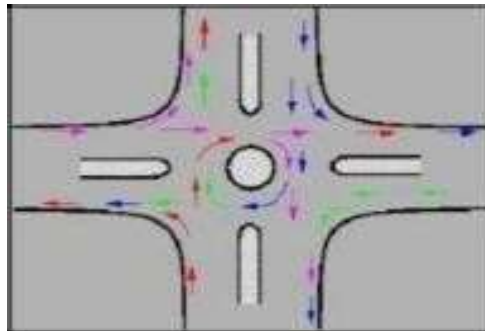
Gambar 2.2 : Simpang 4 lengan (MKJI,1997)

- c. Pertemuan jalan bercabang banyak (lebih dari empat)



Gambar 2.3 : Simpang 8 lengan (MKJI,1997)

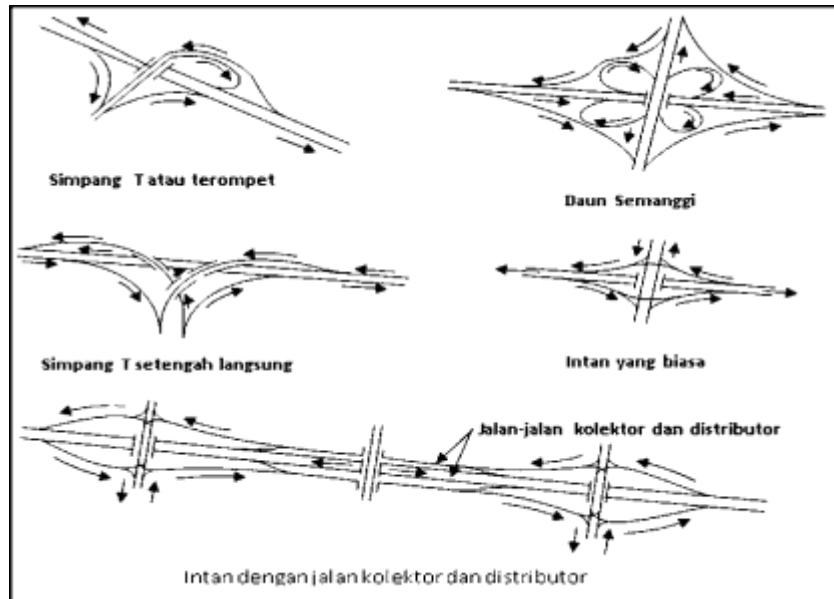
- d. Bundaran (*rotary intersection*)



Gambar 2.4 : Bundaran (MKJI,1997)

2. Simpang tak sebidang

Sedangkan simpang tak sebidang, sebaiknya yaitu memisah-misahkan lalu lintas pada jalur yang berbeda sedemikian rupa sehingga 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 biaya yang mahal. Pertemuan jalan tidak sebidang juga membutuhkan daerah yang luas serta penempatan dan tata letaknya sangat dipengaruhi topografi. Adapun contoh simpang susunan disajikan secara visual pada Gambar berikut:



Gambar 2.5: simpang tak sebidang (Morlok, 1991)

2.2. Sifat-sifat Umum Persimpangan

2.2.1. Volume dan Kecepatan Rencana

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan (atau mobil penumpang) yang melalui suatu titik tiap satuan waktu. Manfaat data (informasi) volume adalah:

1. Nilai kepentingan relative suatu rute.
2. Fluktuasi dalam arus.
3. Distribusi lalu-lintas dalam sebuah sistem jalan.
4. Kecenderungan pemakai jalan.

Volume jenuh merupakan volume yang hanya dikenal pada persimpangan berlampu lalu lintas. Volume jenuh merupakan volume maksimum yang dapat melewati garis *stop*, setelah kendaraan mengantri pada saat lampu merah, kemudian bergerak menerima lampu hijau.

Volume lalu lintas mempunyai nama khusus berdasarkan bagaimana data tersebut diperoleh yaitu:

1. ADT (*average daily traffic*) atau dikenal juga sebagai LHR (lalu lintas harian rata-rata) yaitu total volume lalu lintas rata-rata harian berdasarkan pengumpulan data selama X hari, dengan ketentuan $1 < X < 365$.

2. AADT (*average annual daily traffic*) atau dikenal juga dengan LHTR (lalu lintas harian rata-rata tahunan), yaitu total volume rata-rata harian (seperti ADT), akan tetapi pengumpulan datanya harus > 365 hari.
3. AAWT (*average annual weakly traffic*) yaitu volume rata-rata harian selama hari kerja berdasarkan pengumpulan data > 365 hari. Sehingga AAWT dapat dihitung sebagai jumlah volume pengamatan selama hari kerja dibagi dengan jumlah hari kerja selama pengumpulan data.
4. *Maximum annual hourly volume* adalah tiap jalan yang terbesar untuk suatu tahun tertentu.
5. 30 HV (*30th highest annual hourly volume*) atau disebut juga sebagai DHV (*design hourly volume*), yaitu volume lalu lintas tiap jam yang dipakai sebagai volume desain. Dalam setahun, besarnya volume ini akan dilampaui oleh 29 data.
6. *Rate of flow* atau *flow rate* adalah volume yang diperoleh dari pengamatan yang lebih kecil dari satu jam, akan tetapi kemudian dikonversikan menjadi volume 1 jam secara linear.
7. *Peak hour factor* (PHF) adalah perbandingan volume satu jam penuh dengan puncak dari *flow rate* pada jam tersebut.

Pada prinsipnya sebuah persimpangan akan dirancang untuk menyediakan lalu lintas pada volume jam perencanaan dari jalan yang saling bersilangan. Kecepatan rencana adalah besar kecepatan yang direncanakan pada saat mendekati persimpangan (kaki persimpangan).

Terdapat dua kecepatan rencana yaitu:

1. Dengan tanda *Stop*, berarti mempunyai kecepatan rencana < 15 Km/Jam\
 2. Tanpa tanda *Stop*, berarti mempunyai kecepatan rencana >20 Km/Jam
- Pemilihan kecepatan rencana dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor antara lain, tipe serta fungsi pertemuan, sifat serta keadaan lalu lintas dan sifat daerah.

Untuk kondisi dimana kesulitan keadaan topografi untuk jalan yang direncanakan kecepatan tinggi, kecepatan rencana pada persimpangan dapat dikurangi sehingga tidak lebih dari 20 Km/Jam.

2.2.2. Pengendalian Persimpangan

Tujuan pengendalian persimpangan (*Control Intersection*) dimaksudkan untuk memanfaatkan sepenuhnya kapasitas persimpangan, mengurangi dan menghindari terjadinya kecelakaan dengan mengurangi jumlah konflik serta melindungi jalan utama dari gangguan sehingga hirarki jalan tetap terjamin. Terdapat paling tidak enam cara utama mengendalikan lalu lintas persimpangan, bergantung pada jenis persimpangan dan volume lalu lintas pada tiap aliran kendaraan.

Berdasarkan urutan tingkat pengendalian, dari kecil ke tinggi, di persimpangan, keenamnya adalah: tanpa kendali, kanalisasi, rambu pengendali kecepatan atau rambu henti, bundaran dan lampu lalu lintas. MUTCD memberikan petunjuk mengenai penggunaan jenis pengendali persimpangan, dalam bentuk ketentuan.

2.2.2.1. Rambu Berhenti

Rambu berhenti harus ditempatkan pada suatu persimpangan pada kondisi-kondisi:

1. Persimpangan antara suatu jalan yang relatif kurang penting dengan jalan utama, dimana penerapan aturan daerah-milik-jalan yang normal bisa berbahaya.
2. Persimpangan antara jalan-jalan luar kota dan perkotaan dengan jalan raya.
3. Jalan yang memasuki suatu jalan atau jalan raya yang tembus.
4. Persimpangan tanpa lalu lintas di suatu daerah.
5. Persimpangan tanpa lampu lintas dimana kombinasi antara kecepatan tinggi, pandangan terbatas, dan banyaknya kecelakaan serius

mengindikasikan adanya kebutuhan akan pengendalian oleh rambu berhenti.

2.2.2.2. Rambu pengendalian kecepatan

Rambu ini umumnya ditempatkan:

1. Pada suatu jalan minor di titik masuk menuju persimpangan ketika perlu memberikan hak jalan ke jalan utama, namun di mana kondisi berhenti tidak diperlukan setiap saat, dan di mana kecepatan datang yang aman di jalan minor melebihi 10 mil per-jam.
2. Pada pintu masuk ke jalan ekspres, dimana lajur khusus untuk percepatan tidak ada.
3. Di mana terdapat suatu lajur belok-kanan yang terpisah atau kanalisasi, namun tanpa adanya lajur percepatan yang memadai.
4. Di semua persimpangan, dimana masalah lalu lintas dapat ditanggulangi dengan mudah dengan pemasangan rambu pengatur kecepatan.
5. Di suatu persimpangan dengan jalan raya yang terbagi, di mana rambu berhenti terletak di pintu masuk menuju jalan yang pertama, dan pengendalian selanjutnya diperlukan pada pintu masuk menuju jalan yang kedua.

2.2.2.3. Kanalisasi dipersimpangan (*Channelization*)

Kanalisasi adalah proses pemisahan atau pengaturan terhadap aliran kendaraan yang saling konflik ke dalam rute-rute jalan yang jelas dengan menempatkan beton pemisah atau rambu perkerasan untuk menciptakan pergerakan yang aman dan teratur bagi kendaraan dan pejalan kaki. Kanalisasi yang benar dapat meningkatkan kapasitas, menyempurnakan keamanan, memberikan kenyamanan penuh, dan juga menaikkan kepercayaan pengemudi. Kanalisasi sering kali digunakan bersama dengan rambu berhenti atau rambu pengatur kecepatan atau pada persimpangan dengan lampu lalu lintas.

2.2.2.4. Bundaran (*Roundabout*) dan Perputaran (*Rotation*)

Bundaran dan perputaran adalah persimpangan kanalisasi yang terdiri dari sebuah lingkaran pusat yang dikelilingi oleh jalan satu arah. Perbedaan mendasar antara bundaran dan perputaran adalah bahwa bundaran umumnya menggunakan lampu lalu lintas sedangkan perputaran tidak. Umumnya, dalam kasus perputaran, lalu lintas yang masuk mengikuti arah lalu lintas yang ada disitu.

Perputaran umumnya mempunyai tingkat keselamatan yang baik dan kendaraan tidak harus berhenti saat volume lalu lintas rendah. Perputaran yang didesain dengan baik seharusnya dapat membelokkan kendaraan yang melalui persimpangan dengan menggunakan pulau pusat (*central island*) yang cukup besar, pulau di dekat persimpangan yang desainnya layak dan meliukkan alinyemen keluar dan alinyemen masuk.

2.2.2.5. Persimpangan tanpa rambu

Apabila sebuah persimpangan tidak memiliki peranti pengatur lalu lintas, pengemudi kendaraan yang menuju persimpangan tersebut harus dapat mengamati keadaan agar dapat mengatur kecepatan yang diperlukan sebelum mencapai persimpangan. Waktu yang diperlukan untuk memperlambat kendaraan adalah waktu persepsi reaksi pengemudi dan dapat diasumsikan sebesar 2 detik. Selain itu, pengemudi harus memulai menginjak rem pada jarak tertentu dari persimpangan.

Jarak yang dimaksudkan, dimana pengemudi dapat melihat kendaraan lain datang mendekati persimpangan, adalah jarak yang ditempuh selama 2 detik untuk persepsi dan reaksi, ditambah 1 detik lagi untuk mulai menginjak rem atau untuk mempercepat laju hingga mencapai kecepatan yang diinginkan.

2.2.2.6. Pengaturan dengan lampu lalu lintas

Satu metode yang paling penting dan efektif untuk mengatur lalu lintas di persimpangan adalah dengan menggunakan lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas adalah sebuah alat elektrik (dengan sistem pengatur waktu) yang memberikan hak

jalan pada satu arus lalu lintas sehingga aliran lalu lintas ini bisa melewati persimpangan dengan aman dan efisien. Lampu lalu lintas sesuai untuk:

1. Penundaaan berlebihan pada rambu berhenti dan rambu pengendali kecepatan
2. Masalah yang timbul akibat tikungan jalan.
3. Tabrakan sudut dan sisi.
4. Kecelakaan pejalan kaki

Instansi lampu lalu lintas terdiri dari tampilan-tampilan warna lampu. Instalasi ini juga dapat meliputi berbagai peralatan pendeteksi kendaraan atau beberapa bentuk peralatan lainnya yang dapat diaktifkan sesuai dengan kebutuhan (seperti tombol untuk pejalan kaki yang hendak menyeberangi jalan).

Warna yang ditampilkan lampu lalu lintas ketika menyala ada beberapa, dimana masing- masing mengendalikan satu aliran lalu lintas atau lebih yang tiba dari arah yang sama. Kepala lampu lalu lintas terdiri dari satu muka lalu lintas atau lebih, yang dapat ditempatkan di sebuah tiang atau digantung pada kabel.

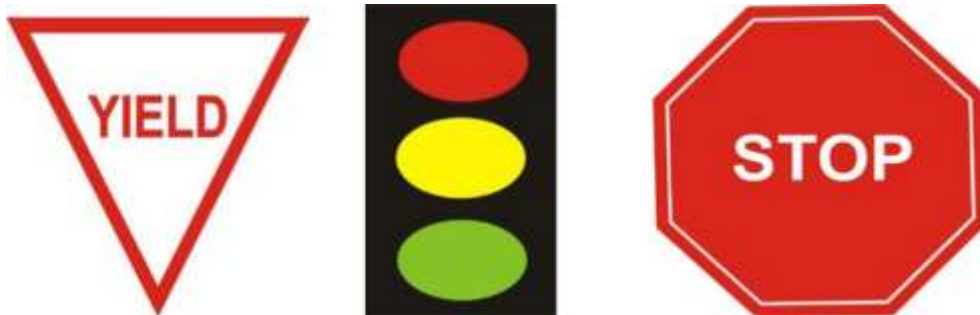
Warna yang menyala pada lampu lalu lintas dibedakan dengan warna, bentuk dan kontinuitasnya. Ada tiga warna yang digunakan:

1. hijau, untuk memberikan hak jalan kepada satu atau kombinasi aliran lalu lintas;
2. merah, untuk melarang pergerakan atau mengharuskan untuk berhenti;
3. kuning, untuk mengatur pemindahan hak jalan dari sekelompok aliran lalu lintas kepada kelompok lainnya atau untuk memberikan peringatan.

Apabila terdapat lampu lalu lintas khusus untuk pejalan kaki, biasanya berbentuk pesan tulisan atau logo yang berpendar. Nyala lampu lalu lintas bisa konstan atau berkedip-kedip. Pengendali lampu lalu lintas adalah piranti eletromekanis atau elektronis yang mengatur panjang dan urutan nyala lampu pada persimpangan. Pengendali yang waktunya sudah diset terlebih dahulu beroperasi dengan lama waktu yang tetap yang dialokasikan untuk pergerakan lalu lintas tertentu dalam urutan yang tetap penetapan waktu dilakukan berdasarkan pengamatan pola arus di persimpangan tersebut. Pengendali sesuai lalu lintas dibuat untuk menerima informasi mengenai pola arus lalu lintas dari berbagai alat pengukur dalam interval waktu yang telah diatur sebelumnya.

Informasi ini digunakan untuk memilih satu dari beberapa skema waktu yang disimpan di dalam memory alat pengendali.

Contoh rambu pengendali lalu-lintas pada persimpangan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Rambu pengendali persimpangan (Menteri Perhubungan RI no.13 tahun 2014)

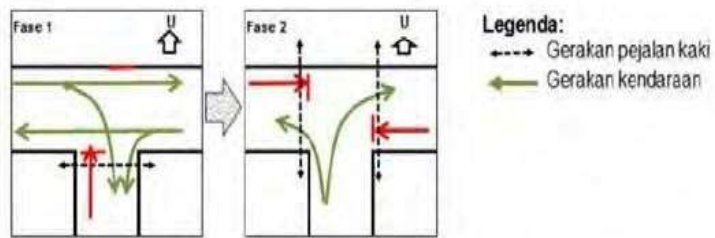
Pada kondisi dimana kecepatan rencana ditetapkan 60 km/jam maka *type stop control* tidak dapat digunakan. Didalam menetapkan pemilihan macam teknik pengendalian yang digunakan pada persimpangan ditentukan oleh faktor-faktor: keamanan, waktu menunggu dan pengurangan kapasitas.

2.2.3. Penggunaan Sinyal

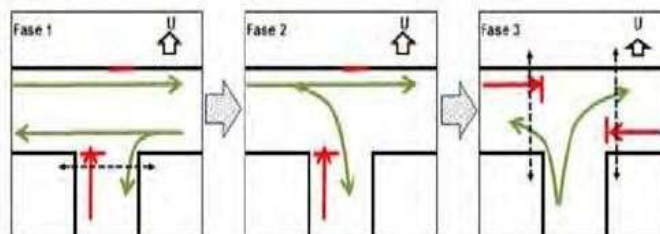
Fase adalah suatu rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama. Jumlah fase yang baik adalah fase yang menghasilkan kapasitas besar dan rata-rata tundaan rendah.

Pengaturan dua fase dapat dipertimbangkan pada awal analisis karena memberikan kapasitas terbesar dengan tundaan yang terendah dibandingkan dengan pengaturan fase lainnya seperti terlihat pada gambar di bawah ini. Jika pengaturan dua fase ini belum memadai, maka perlu dievaluasi arus belok kanan, apakah memungkinkan bila dipisahkan dari arus lurus dan apakah tersedia lajur untuk memisahkannya. Berikut gambar-gambar Pengaturan fase :

Pengaturan 2 fase,
dengan hanya memisahkan konflik-konflik primer

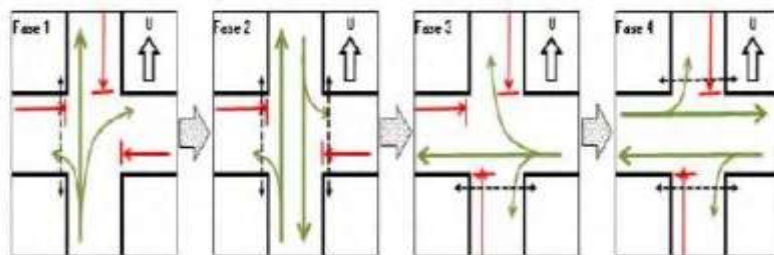


Pengaturan 3 fase,
untuk meningkatkan kapasitas belok kanan dari pendekat barat ke selatan.

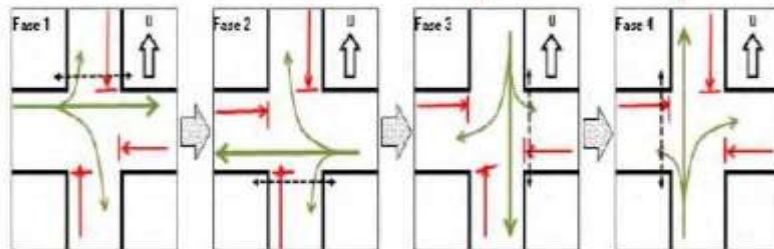


Gambar 2.4 Tipikal Pengaturan Fase APILL Pada Simpang 3 (MKJI 1997)

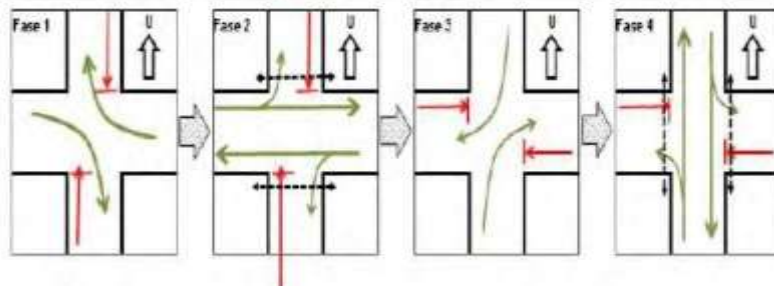
Pengaturan 4 fase,
dengan pemisahan belok kanan pada kedua jalannya (Fase 2 dan 4)



Pengaturan 4 fase,
dengan izin jalan masing-masing untuk setiap lengan simpang.

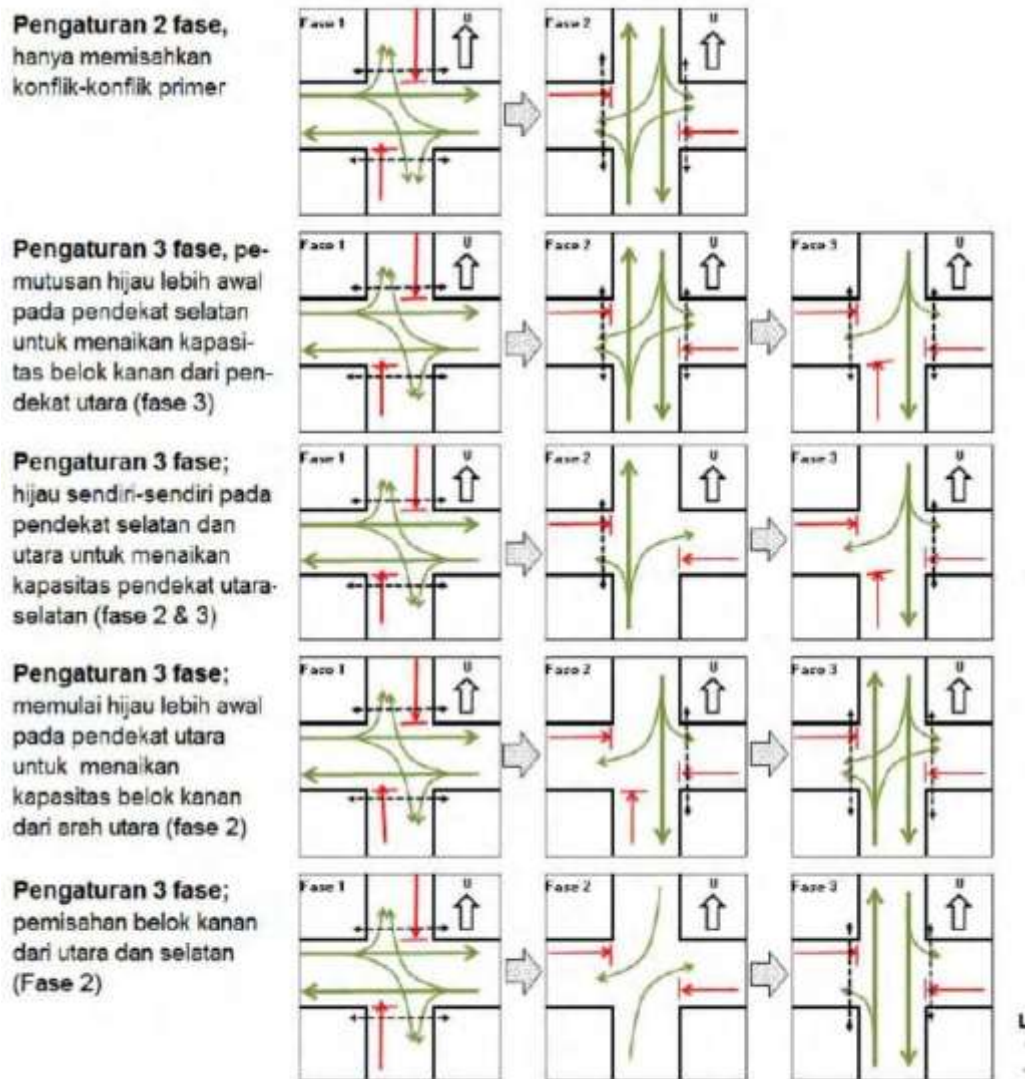


Pengaturan 4 fase,
dengan pemisahan belok kanan pada kedua jalannya (Fase 1 dan 3)



Legenda:
---> Gerakan pejalan kaki
---> Gerakan kendaraan

Gambar 2.5 : Tipikal Pengaturan 3 Fase APILL Simpang 4, khususnya Pemisah Pergerakan Belok kanan (MKJI 1997)



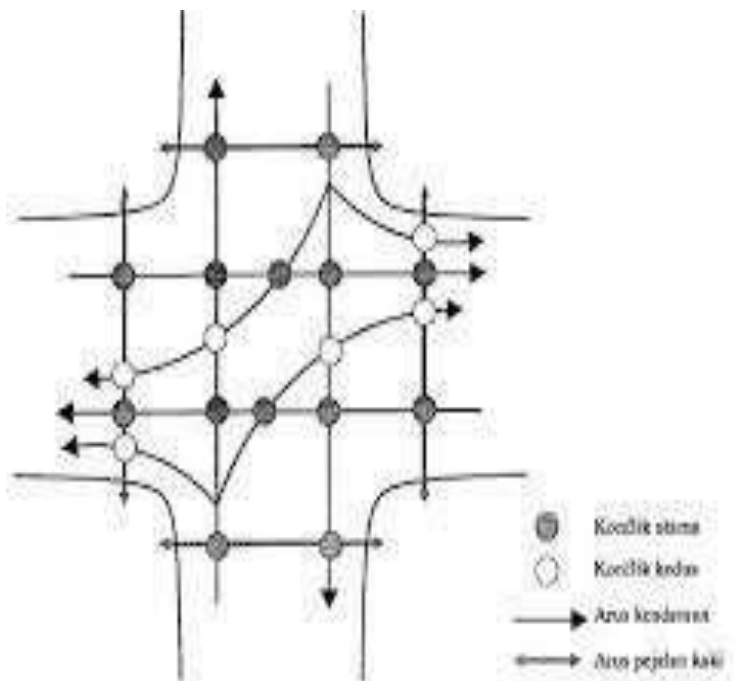
Gambar 2.6 : Tipikal Pengaturan 4 Fase APILL Simpang 4, khususnya Pemisah Pergerakan Belok kanan (MKJI 1997)

2.2.4. Konflik Lalu Lintas

Suatu perempatan jalan yang umum dengan jalur tunggal dan jalan keluar ditunjukkan pada Gambar 2.4 dari diagram dapat diketahui tempat-tempat yang sering terjadi konflik dan tabrakan kendaraan. Jumlah konflik yang terjadi setiap jamnya pada masing-masing pertemuan jalan dapat langsung diketahui dengan cara mengukur volume aliran untuk seluruh gerakan kendaraan. Masing-masing titik kemungkinan menjadi tempat terjadinya kecelakaan dan tingkat keparahan kecelakaannya berkaitan dengan kecepatan relatif suatu kendaraan. Apabila ada pejalan kaki yang menyeberang jalan pertemuan jalan tersebut, konflik langsung

kendaraan dan pejalan kaki akan meningkatkannya sekali lagi tergantung pada jumlah dan arah aliran kendaraan dan pejalan kaki. Pada saat pejalan kaki menyeberang jalur pendekatan, 24 titik konflik kendaraan /pejalan kaki terjadi pada pertemuan jalan tersebut, dengan mengabaikan gerakan diagonal yang dilakukan oleh pejalan kaki Terdapat 4 macam konflik lalu-lintas yang dapat terjadi antara lain:

1. Konflik Primer (*Divergen conflict*)
yaitu titik pada lintasan dimana mulai memisahkan menjadi dua lintasan.
2. Konflik Sekunder (*Mergin Conflict*)
Yaitu titik pertemuan dua lintasan dari dua arah yang berlainan menjadisatu lintasan yang sama.
3. Arus kendaraan (*Through Flow Conflict*)
Yaitu perpotongan dua lintasan lurus yang saling tegak lurus.
4. Arus pejalan kaki (*Turning Flow Conflict*)
Yaitu titik perpotongan antara lintasan lurus dengan lintasan membelok dan yang saling membelok.



Gambar 2.7 : Konflik yang terjadi pada persimpangan (MKJI,1997)

2.3. Lebar dan jumlah lajur pada kaki persimpangan

Lebar lajur pada lalu-lintas menerus dapat dikurangi dalam kondisi dimana terdapat lajur tambahan pada persimpangan.

Lebar minimum lajur tambahan adalah 3.0 m, untuk kondisi dimana kemungkinan ruang dan karakteristik lalu lintasnya, maka lebar tersebut dapat dirubah seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Lebar Lajur Perkerasan (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan AntarKota, Ditjen Bina Marga 1997).

| No | Kelas Jalan | Lebar Lajur Dibagian tangen | Lebar Lajur Menerus |
|----|-------------|-----------------------------|---------------------|
| 1. | I | 3.5 | 3.25 & 3.00 |
| 2. | II | 3.25 | 3.00 & 2.75 |
| 3. | III | 3.25 & 3.00 | 3.00 & 2.75 |
| 4. | IV | - | - |

Pada kaki persimpangan jumlah lajur dapat lebih banyak daripada bagian tangen, penambahan ini dimaksudkan untuk menampung arus lalu-lintas yang akan melewati persimpangan sehingga tidak menimbulkan antrian yang panjang pada tangen.

Penambahan jumlah lajur harus memperhatikan bahwa jumlah lajur menerus harus sama antara jumlah lajur keluar dan lajur masuk serta berada pada sumbu jalan yang menerus. Hal ini dimaksudkan untuk tidak menimbulkan adanya penyempitan yang dapat mengurangi kapasitas persimpangan.

2.4. Persimpangan dengan lampu lalu lintas

Bagian yang kompleks dalam sistem lalu lintas adalah persimpangan dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas. Persimpangan dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas bila akan dianalisa perhitungannya melibatkan variasi yang luas dari kondisi-kondisi yang menentukan, meliputi jumlah dan distribusi pergerakan lalu-lintas, karakteristik, dan detail dan sistem lampu lalu lintas dipersimpangan.

Dalam konsep kapasitas, suatu elemen yang penting dipertimbangkan adalah alokasi waktu dimana kendaraan yang akan bergerak akan melewati suatu persimpangan bersinyal memberikan rasa aman bagi si pengemudi. Pada dasarnya

sinyal lampu lalu lintas mengalokasikan waktu pada setiap pergerakan kendaraan yang mengalami konflik, untuk memberikan ruang yang sama bagi setiap pergerakan kendaraan yang mengalami konflik untuk memberikan ruang yang sama bagi setiap pergerakan. Kapasitas persimpangan yang diatur sinyal lalu lintas, selain hal tersebut diatas juga dipengaruhi bagaimana cara pergerakan yang direncanakan didalam urutan fase. Dalam penyusunan fase gerakan membelok dapat dibuat untuk gerakan membelok terlindungi dan gerakan membelok terlawan.

Konflik antara arus pejalan kaki atau arus kendaraan dengan arus kendaraan yang membelok merupakan kejadian membelok terlawan, sedangkan gerakan membelok terlindungi terjadi bila dalam penyusunan fase tidak terjadi konflik dengan arus pejalan kaki atau kendaraan lain. Penggunaan fase terlawan dan terlindungi memberikan efisiensi yang lebih baik dalam suatu kondisi tertentu yang tergantung pada volume membelok dan volume arus dari arah berlawanan dan geometrik persimpangan.

2.4.1. Dasar Operasional Sinyal Lampu Lalu lintas

Untuk dapat memahami cara pengaturan lampu lalu lintas waktu tetap, perlu dijelaskan pengertian beberapa istilah yang dipakai. Istilah tersebut akan dijelaskan berdasarkan *highway capacity manual (1985)* berikut ini:

1. Waktu putar (*Circle time*)
Jumlah waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu putaran (dalam detik), mulai lampu hijau kembali ke hijau lagi.
2. Fase (*Phase*)
Suatu bagian dari suatu putaran yang diberikan pada suatu kombinasi pergerakan lalu lintas yang memberikan hak untuk bergerak (*right of way*) selama satu interval atau lebih.
3. Waktu semua merah (*All Red*)
Suatu waktu (dalam detik) yang pada saat itu lampu-lampu lalu lintas pada kaki persimpangan yang bersangkutan menunjukkan nyala lampu merah. Pada umumnya lampu semua merah hanya diberikan pada akhir satu putaran (sebelum Bergeraknya kendaraan pada fase dengan volume

tinggi). Jika terdapat lebih dari satu fase yang memiliki volume yang tinggi maka waktu semua merah dapat diberikan sebelum fase yang bersangkutan.

4. Peralihan (*Change Periode*)

Waktu kuning ditambah waktu semua merah, waktu peralihan terjadi diantara dua fase yang berurutan dan berfungsi untuk menyediakan clearance sebelum gerakan dari fase berikutnya diloloskan.

5. Waktu hilang (*Change Periode*)

Waktu selama persimpangan tidak digunakan secara efektif oleh suatu gerakan. Waktu ini terjadi selama terjadinya kekosongan dipersimpangan pada waktu peralihan dan pada awal tiap fase akibat beberapa kendaraan dalam antrian mengalami kelambatan awal (*Starting Delay*).

6. Waktu hijau (*Green Time*)

Waktu pada suatu fase (dalam detik), yang selama itu lampu hijau menyala.

7. Waktu Hijau Efektif (*Effective Green Time*)

Suatu waktu (dalam detik) selama fase tertentu yang dapat dipergunakan secara efektif oleh gerakan yang diperkenankan atau sama dengan waktu ditambah waktu peralihan dikurang waktu hilang pada fase yang bersangkutan.

8. Waktu Merah Efektif (*Effective Red Time*)

Suatu waktu (dalam detik) selama satu atau sekumpulan gerakan secara efektif tidak diperkenankan bergerak. Waktu merah efektif merupakan selisih antara waktu putar dengan waktu hijau efektif.

Kerangka kerja dasar operasional sinyal lampu lalu lintas dikembangkan oleh Webster adalah dengan konsep fase yang merupakan dasar pertimbangan dalam mengalokasikan waktu bagi pergerakan pada persimpangan bersinyal. Konsep tersebut merupakan cara tradisional yang mana parameter-parameter pengontrolnya ditentukan untuk fase-fase dan dilaksanakan untuk semua pergerakan (*all movement*) yang memperoleh hak berjalan dalam satu fase. Konsep fase tersebut bertujuan untuk meminimumkan jumlah fase dengan anggapan bahwa waktu hilang total akan berkurangnya jumlah fase.

Parameter-parameter pengontrol yang menentukan dalam operasional sinyal lampu lalu-lintas pada metode tersebut adalah arus jenuh (*saturation flow*), waktu hijau efektif (*effective green time*), waktu hilang (*lost time*), perbandingan arus (*flow ratio*) dan derajat kejenuhan (*degrees of saturation*). Parameter-parameter tersebut berlaku juga pada konsep pergerakan yang dikenal oleh Akcelik. Dalam menentukan parameter-parameter tersebut ditentukan untuk pergerakan-pergerakan yang bertujuan untuk memaksimalkan jumlah pergerakan.

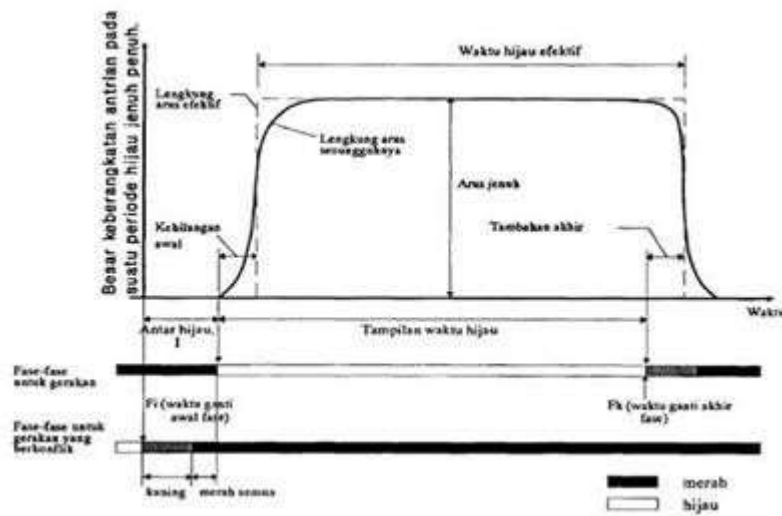
Hal tersebut memungkinkan untuk menentukan parameter-parameter apabila terdapat kelebihan pergerakan (*overlap movement*) yang terdapat satu fase, namun akan mengurangi total waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi kapasitas dari semua pergerakan pada persimpangan.

Dengan konsep pergerakan tersebut maka untuk mengidentifikasi kepada seluruh pergerakan pada setiap fase. Konsep pergerakan memungkinkan untuk mengidentifikasi pergerakan kritis (*critical movement*) yakni dengan membandingkan waktu pergerakan (*movement time*) diantara pergerakan pada satu fase yang disebut metode identifikasi pergerakan kritis (*identification critical movement method*).

Metode perbandingan arus yang diperkenalkan oleh Webster beranggapan bahwa waktu hilang untuk seluruh pergerakan adalah sama dalam satu bila tidak terjadi pergerakan yang lebih dalam satu fase berikutnya. Namun untuk pergerakan membelok terlawan (*opposed movement*) pada dasarnya akan mungkin terjadi waktu hilang yang berbeda.

Pergerakan dari suatu pendekat (*approach*) jalan harus digambarkan sedemikian rupa sehingga pergerakan tersebut memiliki suatu karakteristik keadaan tersendiri yang menyatakan arus jenuh (*saturation flow*), waktu hijau efektif (*effective green time*) dan waktu hilang (*lost time*) dari pergerakan tersebut. Dari sini waktu yang dialokasikan kepadanya untuk mencapai kapasitas jalan merupakan kelompok lajur (*lane group*). Karakteristik pergerakan tersebut juga merupakan konsep yang telah berkembang sebelumnya yakni pada metode Webster yang digambarkan pada Gambar 2.5 dibawah ini.

Arus Jenuh Dasar



Gambar 2.8: Model dasar untuk arus jenuh (Akcelik 1989)

Arus jenuh (*saturation flow*) dalam gambar 2.5 diatas ,mengamsumsikan bahwa ketika lampu mulai menyala hijau arus lalu lintas bergerak melewati garis berhenti (*stop line*) secara meningkat untuk mencapai arus lalu lintas yang konstan selama waktu hijau hingga pada akhir waktu hijau. Pengertian tersebut dapat diperoleh pada setiap metode penentuan arus lalu-lintas jenuh yang dapat dipakai sebagai acuan seperti pada Manual Kapasitas Jalan.

Waktu hilang (*lost time*) pada metode Akcelik memberikan pengertian waktu hilang untuk pergerakan (*movement lost tome*) . Sedangkan pada konsep fase memberikan pengertian waktu hilang fase (*phase lost time*). Waktu hilang pergerakan dan waktu hilang fase tidak memberikan perbedaan nilai total waktu hilang pada persimpangan. Namun dalam analisa waktu hilang pada konsep pergerakan memberikan selang waktu diantara permulaan waktu menyala hijau aktual dan permulaan waktu hijau efektif (*effective green time*) yang disebut kehilangan awal (*start lost*). Atau pada konsep fase kehilangan waktu awal (*start lost*) merupakan keterlambatan awal bergerak (*lost time due to start*) dan tidak ada penambahan waktu antar hijau (*intergreen*) sebagaimana yang terdapat pada konsep pergerakan. Penjumlahan dari waktu antar hijau dan kehilangan waktu yang masih dapat dimanfaatkan kendaraan pada saat akhir waktu kuning untuk

melintasi persimpangan. Sedangkan pada konsep fase memberikan pengertian yang lain tentang hal tersebut, dimana akhir pada pergantian warna merah (*red*) akan terjadi kehilangan waktu kuning. Dengan persamaan matematis waktu hilang pada konsep pergerakan dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$i = k + m \quad (2.1)$$

Keterangan:

i = waktu hilang (detik)

k = waktu kuning (detik)

m = waktu merah semua (detik)

Waktu hilang total pada persimpangan merupakan jumlah seluruh waktu hilang pada setiap lengan simpang yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$L = \sum i \quad (2.2)$$

Keterangan:

L = Jumlah waktu yang hilang setiap siklus

i = Waktu hilang (detik)

Waktu antar hijau (*intergreen time*) adalah waktu yang diperlukan untuk pergantian antara waktu hijau pada setiap satu fase awal ke fase awal berikutnya, waktu yang diperuntukkan pada periode ini adalah selama 4-5 detik. Atau dimana waktu semua sinyal beberapa saat tetap sebelum pergantian sinyal berikutnya yang disebut antara (*interval*) dan pertukaran tersebut selama waktu kuning dan merah semua (*all red*) yang disebut pertukaran antara (*charge interval*). Waktu tersebut terdiri atas waktu kuning selama 3 detik dan waktu merah/kuning selama 1-2 detik. Waktu merah/kuning dapat juga disamakan dengan waktu merah pada sistem Amerika Serikat yang juga dipergunakan di Indonesia. Waktu merah semua ini dipergunakan untuk membersihkan daerah persimpangan sebelum pergerakan fase berikutnya. Lama waktu antar hijau bergantung pada ukuran lebar persimpangan dan kecepatan kendaraan, Akcelik merekomendasikan waktu

tersebut antara 4-8 detik. Di Indonesia waktu antara hijau dialokasikan sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 waktu antar hijau Indonesia (manual kapasitas jalan Indonesia, 1997)

| Ukuran Simpang | Lebar Jalan (m) | Waktu Antar Hijau |
|----------------|-----------------|---------------------|
| Kecil | 6-9 | 4 detik/fase |
| Sedang | 10-14 | 5 detik/fase |
| Besar | ≥ 15 | ≥ 6 detik/fase |

Waktu hijau (*green time*) adalah waktu aktual dari suatu fase hijau yang mana pada waktu tersebut lalu lintas mendapat hak jalan melintasi persimpangan. Pengertian tersebut merupakan pengertian umum untuk semua metode perancangan sinyal lalu-lintas.

Waktu hijau efektif (*effective green time*) dihitung berdasarkan :

1. Pada waktu lampu lalu lintas kuning (sesudah lampu hijau), maka arus lalu lintas masih akan terus menyeberangi jalan.
2. Walaupun demikian pada saat lampu kuning, arus lalu lintas yang lewat tidak sebanyak pada saat lampu masih hijau, karena sebagian pengemudi sudah ragu-ragu apakah akan terus atau akan berhenti.
3. Pada saat awal lampu hijau, pengemudi masih perlu waktu untuk bereaksi untuk mulai menyeberangi jalan.

Besar waktu efektif hijau adalah:

$$\text{Waktu hijau efektif} = \text{waktu hijau} + \text{koreksi (a)} - \text{koreksi (b)} - \text{koreksi (c)}. \quad (2.3)$$

Koreksi (a) = Waktu tambahan, karena pada saat lampu kuning, kendaraan masih melewati garis *stop*. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997, koreksi (a) dianggap sama dengan koreksi (b) + koreksi (c), sehingga waktu hijau efektif sama dengan waktu hijau sebenarnya.

Koreksi (b) dan (c) disebut waktu hilang (*lost time*), umumnya ditentukan masing-masing sebesar 1 detik.

Waktu siklus (*cyclus time*) adalah panjang waktu yang diperlukan dari rangkaian urutan fase lalu-lintas (*siklus*). Lama waktu siklus dari suatu sistem operasional sinyal lampu lalu-lintas dengan waktu tetap (*fixed time*) mempengaruhi tundaan rata-rata (*average delay*) dari kendaraan yang melewati persimpangan. Waktu siklus yang kecil akan mengakibatkan terjadinya arus lewat jenuh pada simpang tersebut. Waktu siklus yang terlalu panjang juga tidak memberikan kebaikan dalam operasional sinyal lampu lalu-lintas.

Untuk itu penentuan waktu siklus yang optimum dapat ditentukan dengan menggunakan tundaan rata-rata yang dialami setiap kendaraan sebagai dasar penurunan rumus. Sehingga untuk kriteria tundaan minimum rata-rata yang dialami setiap kendaraan, waktu siklus optimum dinyatakan pada persamaan:

$$C_{opt} = C_{opt} = \frac{1,5xLTI + 5}{1 - IFR} \quad (2.4)$$

C_{opt} = Waktu siklus optimum

LTI = Waktu hilang total per siklus (detik)

IFR = Rasio arus simpang

$$IFR = \frac{\text{jumlah arus simpang}}{\text{jumlah arus simpang} \times h} \quad (2.5)$$

Namun selain tundaan rata-rata masih ada faktor yang dapat diperhitungkan dalam menentukan waktu siklus, yakni hentian (*stop*). Rumus penentuan waktu siklus optimum yang demikian mengkombinasikan tundaan dan hentian yang meminimumkan beberapa parameter seperti operasional kendaraan.

2.5. Desain Operasional Lampu Lalu-Lintas

Suatu pergerakan menyatakan suatu antrian kendaraan tersendiri yang bergerak menuju persimpangan dan memiliki kekhususan dalam arah pergerakan, penggunaan lajur, dan saat serta lama penggunaan hak untuk berjalan. Alokasi hak untuk berjalan pada setiap pergerakan ditentukan sistem pemfasaan lampu

lalu-lintas. Hal ini tidak berbeda dengan metode-metode pada desain operasional sinyal lampu lalu-lintas pada Manual Kapasitas jalan maupun pada metode Akcelik.

Penelitian rencana fase yang paling sesuai adalah aspek terpenting dalam perencanaan lampu lalu-lintas. Perencanaan fase meliputi penentuan jumlah fase yang akan digunakan dan urutannya ketika digunakan. Umumnya pengendalian dua fase digunakan apabila tidak dilihat keharusan menggunakan fase tambahan.

Sebab interval pergantian antar fase memberikan waktu hilang dalam satu siklus, sehingga apabila jumlah fase bertambah, maka presentase waktu siklus yang merupakan waktu hilang akan meningkat juga.

2.5.1. Pengendalian Dua Fase

Pengaturan sinyal lampu lalu lintas dengan pengendalian dua fase merupakan yang paling sederhana dan paling murah, Masing-masing jalan dari dua jalan yang berpotongan diberikan fase untuk kendaraan yang diperbolehkan bergerak melewati persimpangan. Seluruh gerakan belok kanan dan kiri dilakukan menurut gerakan membelok terlawan terhadap arus dari arah yang berlawanan maupun pejalan kaki. Fase ini direncanakan secara umum digunakan kalau volume membelok dibutuhkan dengan fase tersendiri.

2.5.2. Pengendalian Multi Fase

Pengendalian multi fase dipakai pada persimpangan dimana satu atau lebih gerakan membelok kekiri maupun kekanan memerlukan fase tersendiri (*exclusive*). Secara umum gerakan membelok ke kanan dengan fase tersendiri baik secara sebagian atau penuh (*partially or fully right turn phase*).

Manual kapasitas jalan memberikan batasan untuk volume belok kanan yang memerlukan fase tersendiri, apabila volume tersebut telah mencapai lebih dari 200 kendaraan per jam. Fase untuk gerakan belok kanan diperlukan apabila kecepatan kendaraan dari arah berlawanan (*Opposing*) melebihi kecepatan 65 km per jam.

2.6. Penentuan Arus Lalu Lintas Jenuh

Arus jenuh adalah antrian arus lalu lintas pada saat awal waktu hijau yang dapat melewati garis stop pada suatu lengan secara terus-menerus selama waktu hijau dari suatu antrian tidak terputus. Sebagaimana yang telah diutarakan diatas bahwa arus lalu lintas jenuh pada persimpangan bersinyal merupakan karakteristik pergerakan.

Arus lalu lintas jenuh pada suatu lengan persimpangan merupakan kapasitas lengan tersebut per siklus. Oleh karena kapasitas suatu persimpangan ditentukan oleh kapasitas masing-masing lengan simpang. Maka kondisi fisik lengan persimpangan, seperti lebar pendekat maupun lajur, jari-jari belok dan kelandaian lengan simpang serta jenis kendaraan yang melewati persimpangan, dengan demikian faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi besar arus pada persimpangan itu.

2.6.1. Pengukuran Arus Jenuh

Perhitungan arus jenuh yang telah dikemukakan sebelumnya, untuk lokasi tertentu dapat dilakukan pengukuran langsung dilapangan. Dengan data-data yang ada dilapangan, seperti lebar jalan, faktor kendaraan parkir, jumlah kendaraan tak bermotor, dan lain sebagainya dapat dihitung arus jenuh jalan pada persimpangan tersebut.

2.6.2. Estimasi Arus Jenuh

Arus jenuh dapat 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.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p \quad (2.6)$$

Keterangan :

S = Arus jenuh (smp/jam)

S_o = Arus lalu lintas jenuh dasar (smp/jam)

F_{CS} = Faktor koreksi ukuran kota

F_G = Faktor koreksi kelandaian

F_p = Faktor koreksi parkir

Untuk pendekat terlindungi arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat(W_e):

$$S_o = 600 \times W_e \quad (2.7)$$

Dengan :

S_o = Arus lalu lintas jenuh dasar (smp/jam)

W_e = lebar jalan (meter)

Arus lalu lintas jenuh dasar tersebut, kemudian masih harus dikoreksi lagi dengan:

1. Ukuran kota (CS) = Jumlah penduduk.
2. Hambatan samping (SF) = Kelas hambatan samping dari lingkungan.
3. Kelandaian (G) = % naik(+) atau turun (-).
4. Parkir = Jarak garis henti-kendaraan parkir pertama.
5. Gerakan membelok = %belok kanan(RT), % belok kiri(LT).

2.7. Kapasitas Persimpangan Jalan

Dalam penganalisaan kapasitas, ada suatu prinsip dasar yang obyektif yaitu perhitungan jumlah maksimum arus lalu lintas yang dapat ditampung oleh fasilitas yang ada serta sebagaimana kualitas operasional fasilitas itu sendiri yang tentunya akan sangat berguna dikemudian hari. Dalam merencanakan suatu fasilitas jarang dijumpai suatu perencanaan agar fasilitas tersebut dapat berfungsi mendekati kapasitasnya. Kapasitas dari suatu fasilitas akan menurun fungsinya jika dipergunakan saat atau mendekati kapasitasnya.

2.7.1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kapasitas

Pada umumnya dalam penganalisaan kapasitas, kondisi umum (*Prevaling Condition*) belum memastikan bahwa kondisi tersebut merupakan kondisi yang ideal.

Kondisi ideal untuk jalan persimpangan bersinyal adalah sebagai berikut:

1. Memiliki lebar lajur 10-12 ft.
2. Memiliki kelandaian yang datar.
3. Tidak adanya parkir di jalan pada persimpangan.
4. Dalam aliran lalu lintas semuanya terdiri dari mobil penumpang, bus-bus transit lokal tidak boleh berhenti pada areal persimpangan.
5. Semua kendaraan yang melintasi persimpangan bergerak lurus.
6. Persimpangan yang bukan berada di daerah "Distrik Usaha Utama" (CBD) = (*Central Business District*).
7. Indikasi sinyal hijau ada sepanjang waktu.
8. Kondisi-kondisi umum yang ada biasanya mencakup kondisi jalan, kondisi lalu-lintas serta kondisi pengontrolan.

Kondisi-kondisi inilah yang sangat mempengaruhi kapasitas persimpangan bersinyal.

2.7.2. Kapasitas Dari Persimpangan Bersinyal

Kapasitas secara menyeluruh dari satu persimpangan adalah merupakan ekomodasi dari gerakan-gerakan yang utama dan membandingkan terhadap tiap-tiap bagian dari kaki lajur yang ada. Kapasitas pada persimpangan di defenisikan setiap bagian kakinya, Kapasitas ini merupakan tingkat arus maksimum (*maximum rate of flow*) yang dapat melalui suatu persimpangan pada keadaan lalu-lintas awal dan keadaan jalan serta tanda-tanda lalu-lintasnya. Tingkat arus (*Rate Of Flow*) umumnya dihitung untuk periode waktu 15 menit dan dinyatakan dalam kendaraan per jam (*Vehicle/Hour*).

Kondisi lalu lintas mencakup volume setiap kaki persimpangan, distribusi gerakan lalu-lintas (kekiri, lurus dan kekanan), tipe distribusi kendaraan dalam setiap gerakan, lokasi dan penggunaan pemberhentian bus, daerah penyebrangan pejalan kaki dan tempat-tempat parkir di daerah persimpangan tersebut.

Kapasitas pada persimpangan untuk persimpangan bersinyal didasarkan pada konsep arus jenuh (*saturation flow*) dan tingkat arus jenuh (*saturation flow rate*). *Saturation flow rate* didefinisikan sebagai tingkat arus maksimum (*rate of flow maksimum*) yang dapat melalui setiap kaki persimpangan tas grup lajur yang diasumsikan mempunyai 100 waktu hijau efektif (*effective green time*).

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (2.8)$$

Dimana:

C = Kapasitas pendekat (smp/jam)

c = Waktu siklus

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

g = Waktu hijau (detik)

Dalam mencapai kondisi derajat kejenuhan maksimum yang dapat diterima diperlukan waktu siklus maksimum dengan persamaan berikut:

$$C_{ua} = \frac{(0.5 \square \square \square \square + 5)}{1} \quad (2.9)$$

Dimana:

C_{ua} = Waktu siklus minimum yakni waktu secara teoritis sepanjang waktu yang dapat dipergunakan arus lalu lintas melintasi persimpangan selama satu siklus.(detik)

LTI = Waktu hilang total per siklus (detik)

2.8. Perilaku Lalu-Lintas

2.8.1. Panjang Antrian

Dari nilai derajat jenuh dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ₁), yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu, diperoleh dari persamaan untuk DS > 0,5

$$NQ_1 = 0,25 \times c \times \left[(\frac{Q}{c} - 1) + \sqrt{(\frac{Q}{c} - 1)^2 + \frac{8 \times (\frac{Q}{c} - 0.5)}{c}} \right] \quad (2.10)$$

$$C = S \times GR. \quad (2.11)$$

Untuk derajat kejenuhan $DS \leq 0.5$, Maka $NQ_1 = 0$

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

DS = Derajat jenuh.

C = Kapasitas (smp/jam)

GR = Rasio hijau

Kemudian dihitung jumlah antrian smp yang datang selama fase (NQ_2), dengan persamaan berikut:

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (2.12)$$

Dimana:

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah.

Q = Volume lalu lintas yang masuk di luak LTOR (smp/detik).

c = Waktu siklus (detik).

DS = Derajat jenuh.

GR = Rasio hijau (detik).

Untuk menghitung jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua hasil diatas:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (2.13)$$

Dimana:

NQ = Jumlah panjang antrian total

NQ_1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

2.8.2. Angka Henti

Angka henti (NS) yaitu jumlah berhenti rata-rata kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu dihitung sebagai:

$$NS = 0,9 \times \frac{\square\square}{\square\square\square} \times 3600 \quad (2.14)$$

NS = Angka henti

NQ = Jumlah panjang antrian total

Q = Arus lalu lintas (smp/detik)

C = Waktu siklus yang di tentukan (detik)

2.8.3. Tundaan (*Delay*)

Suatu ukuran daya guna yang kritis pada fasilitas arus terganggu adalah tundaan. Tundaan adalah suatu ukuran yang umum yang dapat diinterpretasikan dengan jumlah berhenti rata-rata. Waktu tunda henti rata-rata (*average stopped time delay*) adalah ukuran keefektifan yang prinsipil yang digunakan dalam mengevaluasi tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal (*signalised intersection*).

Waktu tunda henti (*stopped time delay*) adalah waktu yang dihabiskan oleh sebuah kendaraan untuk berhenti dalam suatu antrian saat menunggu untuk memasuki sebuah persimpangan.

Waktu tunda rata-rata (*average stopped time delay*) adalah total waktu tunda henti (*stopped delay*) yang dialami oleh semua kendaraan pada sebuah jalan atau kelompok lajur atau kelompok lajur selama suatu periode waktu yang ditentukan, dibagi dengan volume total kendaraan yang memasuki persimpangan pada jalan atau kelompok lajur selama periode waktu yang sama, dinyatakan dalam detik per kendaraan. Tundaan rata-rata untuk masing-masing kaki persimpangan adalah:

$$D = DT + DG \quad (2.15)$$

Dimana:

D = Tundaan rata-rata untuk pendekat (det/smp).

DT = Tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat (det/smp).

DG = Tundaan geometrik rata-rata untuk pendekat (det/smp).

Tundaan lalu-lintas rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan dari rumus berikut:

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ1}{C} \times 3600 \quad (2.16)$$

Dimana:

DT = Tundaan lalu lintas rata-rata (detik/smp)

c = Waktu siklus.

GR = Rasio hijau (g/c).

DS = Derajat Kejenuhan.

C = Kapasitas (smp/jam).

NQ1 = Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

Tundaan geometrik (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah.

$$DG = (1 - P_{sv}) \times P_T \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad (2.17)$$

Dimana:

P_{sv} = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

P_T = Rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

DG = Tundaan geometrik rata-rata (detik/smp)

Pada Tabel dibawah akan ditunjukkan Tingkat Pelayanan pada persimpangan bersinyal yang dihubungkan dengan tingkat henti tiapa kendaraan.

Tabel 2.3. Tingkat pelayanan (US-HCM, 1985)

| Tingkat Pelayanan | Tundaaan Henti Tiap Kendaraan (detik) |
|-------------------|---------------------------------------|
| A | ≤ 5.0 |
| B | 5.1 – 15.0 |
| Tingkat Pelayanan | Tundaaan Henti Tiap Kendaraan (detik) |
| C | 15.1 – 25.0 |
| D | 25.1 – 40.0 |
| E | 40.1 – 60.0 |
| F | ≥ 60.0 |

Dapat disimpulkan bahwa dalam pekerjaan desain waktu sinyal memiliki kerangka kerja yang sama untuk tipe metode. Kerangka kerja dari desain waktu sinyal yang dapat terdapat pada semua metode meliputi elemen-elemen sebagai berikut:

1. Penyusunan fase/pergerakan.
2. Penentuan arus jenuh.
3. Penentuan parameter persimpangan.
4. Penentuan waktu siklus.
5. Pengalokasian waktu hijau pada tiap fase/pergerakan.
6. Peninjauan kinerja persimpangan.

Simpang bersinyal secara umum bekerja paling efektif apabila simpang tersebut. Dapat beroperasi dengan modal dua fase dan bila keadaan berikut dipenuhi:

1. Daerah konflik didalam daerah simpang adalah kecil
2. Lajur terdekat dengan kerib sebaiknya dibuat lebih lebar daripada lebar standar untuk lalu-lintas kendaraan bermotor
3. Median harus digunakan bila lebar jalan lebih dari 10 m untuk mempermudah penyebaran pejalan kaki dan penempatan tiang sinyal
4. Marka penyeberangan pejalan kaki sebaiknya ditempatkan 3-4 m dari garis lurus perkerasan untuk mempermudah kendaraan yang membelok mempersilahkan pejalan kaki menyeberang dan tidak menghalangi kendaraan-kendaraan yang bergerak lurus.

5. Perhentian bis sebaiknya setelah simpang, yaitu ditempat keluar dan bukan ditempat pendekat.

2.8.4. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefenisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja simpang dan segmen lain. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak.

Derajat kejenuhan (*degree of saturation*) adalah perbandingan arus kedatangan dengan kapasitas dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{S}{C - \frac{g}{c}} \quad (2.18)$$

Dimana:

Q = Arus lalu lintas (smp/detik)

C = Kapasitas (smp/jam)

c = Waktu siklus (detik)

S = Arus jenuh (smp/jam)

g = Waktu hijau (detik)

Jika $DS < 0.75$ maka jalan tersebut masih layak, tetapi jika $DS > 0.75$ maka diperlukan penanganan pada pada jalan tersebut untuk mernguragi tingkat kepadatan lalu lintas.

Tabel 2.4. Hubungan tingkat pelayanan dengan derajat kejenuhan (*Highway Capacity Manual*)

| Tingkat Pelayanan | Derajat Kejenuhan (DS) | Keterangan |
|-------------------|------------------------|--|
| A | 0.00 – 0.20 | Arus bebas, kecepatan bebas |
| B | 0.20 – 0.44 | Arus stabil, Kecepatan mulai terbatas |
| C | 0.45 – 0.74 | Arus stabil, tetapi kecepatan dan gerak kendaraan Dikendalikan |
| D | 0.75 – 0.84 | Arus tidak stabil, kecepatan menurun |
| E | 0.85 – 1.00 | Arus terhambat, Kecepatan tersendat |

| | | |
|---|-------------|---------------------------------|
| F | ≥ 1.00 | Arus terhambat kecepatan rendah |
|---|-------------|---------------------------------|

2.8.5. Faktor Jam Puncak

Faktor jam puncak (*Peak hour factor/PHF*) dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume lalu-lintas rata-rata selama jam sibuk dengan volume maksimum yang terjadi selama periode waktu yang sama. Dalam penganalisaan kapasitas, PHF ditetapkan berdasarkan periode waktu 15 menit. Untuk mendapatkan nilai PHF untuk suatu persimpangan diambil dalam interval waktu 15 menit selama 1 jam.

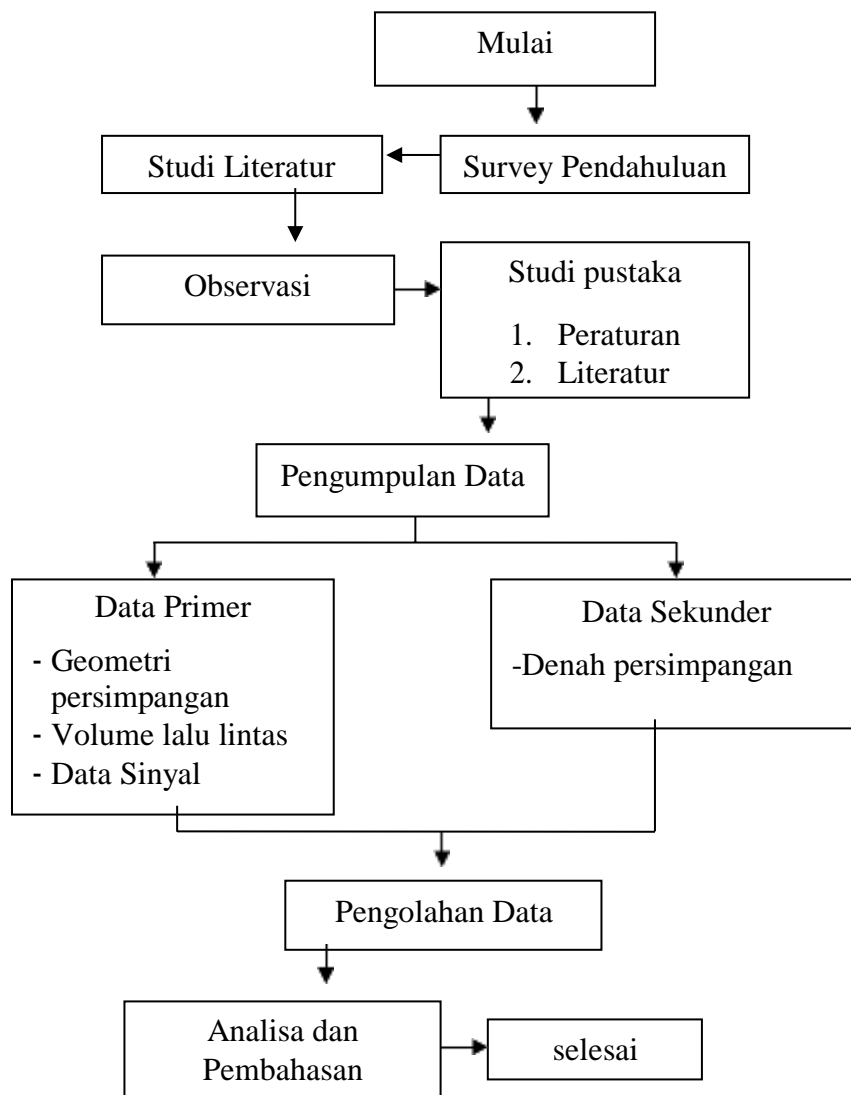
$$PHF = \frac{\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{15} V_{ij}}{4 \sum_{j=1}^{15} V_j} \quad (2.19)$$

Batasan minimum dan maksimal hasil penelitian berkisar dari 0,47 s/d 1,00. Harga PHF ditentukan secara terpisah untuk tiap-tiap kaki persimpangan.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Adapun tahapan langkah-langkah penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan Alir

3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di persimpangan Jl. Jend.Ahmad Yani Simpang Jl. Masjid Kota Rantau Prapat. Pada persimpangan tersebut terdapat tiga (3) kaki persimpangan.



Gambar 3.2 : Denah Lokasi (Google Maps, 2021)

3.1.2. Data Primer

Data primer antara lain didapat melalui pengumpulan data yang dilakukan adalah teknik observasi yaitu suatu cara pengumpulan data melalui pengamatan dan pencatatan segala yang tampak pada objek penelitian yang pelaksanaannya dapat dilakukan secara langsung pada tempat dimana suatu peristiwa atau kejadian terjadi. Adapun alat yang digunakan dalam pengamatan ini yaitu peralatan manual, untuk yang paling sederhana yaitu dengan mencatat lembar formulir survei. Data yang dikumpulkan antara lain:

1. Data geometrik jalan
2. Data volume lalu lintas disetiap kaki persimpangan pada jam sibuk (*peak hour*)
3. Data sinyal
4. Data kondisi lingkungan

Waktu survei lalu lintas dilakukan selama satu 7 hari yaitu hari Senin – Minggu, mulai dari tanggal 10 februari 2020 s.d. 16 februari 2020. Alasan pemilihan ini adalah agar mendapatkan data yang lebih akurat sehingga hasilnya dapat digunakan untuk perencanaan dan perbaikan di masa yang akan datang.

Volume lalu lintas diambil pada jam jam–jam sibuk masing–masing pada 3 lengan percabangan yaitu:

1. Pagi hari pukul 07.00 WIB – 09.00 WIB
2. Siang hari pukul 12.00 WIB – 14.00 WIB
3. Sore hari pukul 16.00 WIB – 18.00 WIB

Dengan interval 15 menit kemudian dijumlahkan setiap satu (2) jam.

3.1.3 Pengumpulan Data Volume Lalu Lintas

Metode pengumpulan data volume lalu lintas dilakukan secara manual, pengumpulan data ini dilakukan untuk mendapatkan data volume lalu lintas. Untuk mendapatkan data ini ditempatkan dua pos pengamatan yang setiap pos ditempati satu orang petugas yang bertugas untuk mencatat jumlah dan asal dari kendaraan yang melalui pos pencatatan. Pada setiap pos, petugas dilengkapi dengan formulir jumlah dan jenis kendaraan. Pos petugas ditempatkan pada posisi yang mudah mengamati pergerakan arah lalu lintas yang sedang dihitung.

Adapun klasifikasi untuk memudahkan didalam perhitungan dengan metode Manual Kapasitas Jalan Raya Indonesia 1997 (MKJI 1997) yaitu:

- Sepeda motor (MC) : Sepeda motor, sekuter, becak mesin
- Kendaraan ringan (LV) : Sedan , jeep, station wagon, Oplet, pick up, combi, micro bis, suburban, Micro bis, mobil hantaran.
- Kendaraan berat (HV) : Bus kecil, Bus besar, Truk 2 as, Truk 3 as, Truk gandeng, Truk semi trailer
- Kendaraan tak bermotor (UM) : Kendaraan tak bermotor

3.1.4 Pengumpulan Data Geometrik Persimpangan

Metode pengumpulan data geometrik persimpangan dilakukan dengan pengukuran langsung dilapangan. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mendapatkan tipe lokasi, jumlah lajur, lebar lajur, keberadaan belok kiri khusus dan belok kanan khusus, dan kondisi parkir.

Lebar jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2UD) = 11 m. Kota dengan jumlah penduduk 0.5 - 1.0 juta. Simpang tersebut berada dikawasan *residential* (pemukiman) dengan hambatan samping sedang, jarak parkir *on street* lebih dari 80 meter dari lengan simpang. Alinyemen datar tidak memiliki median

Tipe pendekat :

Ahmad Yani Utara : Terlindung

Ahmad Yani Selatan : Terlindung

Masjid : Terlindung

Menggunakan 3 Fase

Tabel 3.1. Pendekat (hasil perhitungan)

| Kode Pendekat | Lebar Pendekat | | | |
|---------------|----------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| | W _A | W _{masuk} | W _{LTOR} | W _{keluar} |
| U | 5,5 m | 5,5 m | 0 | 5,5 m |
| S | 5,5 m | 5,5 m | 0 | 5,5 m |
| B | 5,5 m | 5,5 m | 0 | 5,5 m |

3.1.5 Pengumpulan Data Sinyal

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data sinyal ini adalah dengan melakukan pengamatan secara langsung. Adapun tujuannya untuk mendapatkan:

- Lama masing – masing waktu merah, kuning dan hijau
- Fase lampu lintas

Untuk mengukur lamanya waktu merah, kuning dan hijau digunakan stopwatch yang dicocokkan pada timer display yang berada pada samping lampu lalu lintas tersebut.

| | | |
|----------|---------|----------|
| 40 detik | 3 detik | 30 detik |
|----------|---------|----------|

3.1.6 Pengumpulan Data Kondisi Lingkungan

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data kondisi lingkungan ini dilakukan dengan pengamatan langsung. Tujuan dari pengumpulan data ini adalah untuk mengetahui penggunaan lahan disekitar daerah persimpangan yang menjadi objek dari karya tulis ini.

Data – data yang didapatkan berupa:

- Data kelas ukuran kota
- Kelas hambatan samping
- Tipe lingkungan jalan
- Tata guna lahan dan lain sebagainya

3.2. Pengumpulan Data

Adapun perhitungan yang dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah perhitungan fase dan waktu siklus optimum dengan menggunakan metode MKJI 1997. Dari data-data diperoleh dari lokasi dibuat perhitungan sebagai berikut:

Tabel.3.1. Rata-rata jumlah kendaraan maksimum (SMP) jl. Ahmad Yani simpang jl. Masjid . (hasil perhitungan)

| Jenis Kendaraan | Rata-Rata Jumlah kendaraan Maksimum (SMP) | | | | | |
|-----------------|---|-------|------------------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | Data kendaraan Jl.Jend. Ahmad Yani | | Data kendaraan Jl.Jend. Ahmad Yani | | Data kendaraan Jl. Masjid | |
| | Kanan | Lurus | Kiri | Lurus | Kiri | Kanan |
| LV | 533 | 807 | 560 | 561 | 662 | 533 |
| HV | 231 | 245 | 225 | 212 | 193 | 199 |
| MC | 784 | 642 | 708 | 801 | 717 | 768 |
| UM | 8 | 11 | 9 | 11 | 12 | 11 |
| TOTAL | 1556 | 1705 | 1502 | 1585 | 1584 | 1511 |

Data-data yang didapat dilapangan pada pendekatan :

- Lebar efektif jalan (We) = 11.00 (meter)
- Lama waktu hijau (g) = 30 detik
- Lama waktu kuning = 3 detik
- Lama waktu merah = 40 detik
- Waktu siklus (c) = 73 detik.

3.2.1 Kondisi Sinyal dan Geometrik Simpang

Survei keadaan persimpangan meliputi kondisi sinyal lampu lalu lintas yakni alokasi waktu siklus dan sistem operasional sinyal pada persimpangan tersebut. Pencatat waktu siklus dilaksanakan pada satu hari meliputi jam sibuk dan diluar jam sibuk, untuk mendapatkan keadaan sistem sinyal yang beroperasi. Geometrik simpang yang dibutuhkan sebagai data masukan yakni lebar jalan setiap lengan persimpangan.

Tabel 3.1 : Data siklus lampu lalu lintas (hasil perhitungan)

| Lengan | Sinyal | | |
|------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| | Merah (Detik) | Kuning (Detik) | Hijau (Detik) |
| Jl. Jend.Ahmad Yani Kanan | 40 | 3 | 30 |
| Jl. Jend.Ahmad Yani kiri | 40 | 3 | 30 |
| Jl. Masjid | 40 | 3 | 30 |

BAB 4

ANALISA DATA

4.1. Pengumpulan Data

4.1.1. Lokasi

Pemilihan lokasi yang diambil adalah persimpangan Jl. Jend.Ahmad Yani Simpang Jalan Masjid Kota Rantau Prapat untuk dinilai pengaruh pengoperasian sinyal lalu lintas pada persimpangan tersebut.

4.2. Periode survei

4.2.1. Arus lalu lintas Aktual

Pengamatan arus lalu lintas didasarkan pada pengamatan arus rata rata satu periode jam puncak (*peak hour*). Berdasarkan pengamatan pendahuluan yang Jl. Jend.Ahmad Yani Simpang Jalan Masjid Kota Rantau Prapat didapat jam puncak selama periode pagi (jam 07.00-09.00), siang (12.00-14.00), sore (16.00-18.00).

Arus lalu lintas dihitung berdasarkan pengelompokan jenis kendaraan dan distribusi pergerakan yakni membelok ke kiri, ke kanan, dan lurus. Periode pengamatan adalah selama 2 jam dengan interval waktu selama 15 menit.

4.2.2. Arus Lalu lintas jenuh

Pengamatan arus lalu lintas jenuh pada persimpangan adalah perhitungan jumlah arus lalu lintas yang mengalir melintas garis berhenti pada periode awal hijau sampai akhir hijau. Pengamatan dilaksanakan pada kaki persimpangan dalam waktu yang bersamaan pada waktu jam sibuk.

4.3. Analisa Data

Dari data-data diperoleh dari lokasi dibuat perhitungan sebagai berikut:

4.3.1. Jalan Masjid

- Belok Kiri (LV)
LV = 662 kend/jam

HV = 193 kend/jam
MC = 717 kend/jam
UM = 12 kend/jam
Total = 1584 kend/jam

- Kanan (RV)

LV = 533 kend/jam
HV = 199 kend/jam
MC = 768 kend/jam
UM = 11 kend/jam
Total = 1511 kend/jam

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dari jl. Jend. Ahmad Yani belok kiri - kanan adalah = 3095 kend/jam.

Karena arus lalu lintas adalah dalam kondisi arus berangkat terlindungi dimana keberangkatan arus tidak ada titik konflik antara gerak belok kanan dan gerak belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama, maka besarnya total arus lalu lintas menjadi:

Sehingga jumlah kendaran seluruhnya adalah = Ahmad Yani

- Belok Kiri (LV)

LV = 662×1.0 kend/jam = 662 smp/jam
HV = 193×1.3 kend/jam = 251 smp/jam
MC = 717×0.2 kend/jam = 143 smp/jam
UM = 12×0.5 kend/jam = 6 smp/jam
Total = 1063 smp/jam

- Belok Kanan (RV)

LV = 533×1.0 kend/jam = 533 smp/jam
HV = 199×1.3 kend/jam = 258 smp/jam
MC = 768×0.2 kend/jam = 154 smp/jam
UM = 11×0.5 kend/jam = 6 smp/jam
Total = 950 smp/jam

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dan pendekatan adalah

$$Q = 1063 \text{ smp/jam} + 950 \text{ smp/jam} = 2013 \text{ smp/jam}$$

a. Pendekat Jalan

$$\text{Arus belok kiri (Q LT)} = 1063 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Arus belok kanan (Q RT)} = 950 \text{ smp/jam}$$

b. Nilai arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$= 600 \times 11.00$$

$$= 6600 \text{ smp/jam hijau}$$

c. Nilai arus jenuh (smp/jam hijau)

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p$$

$$S_o = \text{Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)}$$

$$F_{CS} = 0.5\text{-}1.0 \text{ juta jiwa}$$

$$F_{CS} = 0.94$$

$$F_{SF} = F_{SF} = 0.90$$

$$F_G = F_G = 1.00$$

$$F_p = F_p = 1.00$$

Jadi nilai jenuh (smp/jam hijau)

$$S = 6600 \times 1.00 \times 0.90 \times 1.00 \times 1.00$$

$$= 5583.6 \text{ smp/jam hijau.}$$

d. kapasitas (C)

$$C = S \times \frac{\square}{\square}$$

$$C = 5583.6 \times \frac{30}{73} = 2294.63 \text{ smp/jam}$$

Derajat kejenuhan (DS)

$$DS = Q/C$$

$$DS = \frac{2002}{2294.63}$$

$$= 0.872$$

e. Panjang antrian (NQ)

$$NQ1 = 0.25 \times C \times \left[(\rho - 1) + \sqrt{(\rho - 1)^2 + \frac{8 \times (\rho - 0.5)}{\rho}} \right]$$

$$NQ1 = 0.25 \times 1952.30 \times \left[(0.872 - 1) + \sqrt{(0.872 - 1)^2 + \frac{8 \times (0.872 - 0.5)}{2294.63}} \right]$$

$$NQ1 = 2.866 \text{ smp/jam}$$

$$NQ2 = c \times \frac{1 - GR}{(1 - GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ2 = 73 \times \frac{1 - 0.4109}{(0.4109) \times 0.872} \times \frac{2002}{3600}$$

$$NQ2 = 46.530 \text{ smp/jam}$$

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

$$NQ = 2.866 + 46.530$$

$$NQ = 49.397 \text{ smp/jam}$$

f. Tundaan lalu lintas rata-rata (DT)

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1 - \rho)^2}{(1 - \rho) \times \rho} + \frac{\rho \times 1}{\rho} \times 3600$$

$$DT = 73 \times \frac{0.5 \times (1 - 0.4109)^2}{(1 - 0.4109) \times 0.872} + \frac{2.866}{22.9463} \times 3600$$

$$DT = 45.803 \text{ det/smp}$$

Tundaan lalu lintas 45.803 det/smp, tundaan lebih dari 40.1 – 60.0 det/smp maka tingkat pelayanan E.

4.3.2. Jl. Ahmad Yani Belok Kiri – Lurus

- Belok Kiri (LV)

$$LV = 560 \text{ kend/jam}$$

$$HV = 225 \text{ kend/jam}$$

$$MC = 708 \text{ kend/jam}$$

$$\text{UM} = 9 \text{ kend/jam}$$

$$\text{Total} = 1502 \text{ kend/jam}$$

- Lurus (ST)

$$\text{LV} = 561 \text{ kend/jam}$$

$$\text{HV} = 212 \text{ kend/jam}$$

$$\text{MC} = 801 \text{ kend/jam}$$

$$\text{UM} = 11 \text{ kend/jam}$$

$$\text{Total} = 1585 \text{ kend/jam}$$

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dari jl. Ahmad Yani belok kiri - lurus adalah = 3087 kend/jam.

Karena arus lalu lintas adalah dalam kondisi arus berangkat terlindungi dimana keberangkatan arus tidak ada titik konflik antara gerak belok kiri dan gerak lurus dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama, maka besarnya total arus lalu lintas menjadi:

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya adalah = Jalan Ahmad Yani

Belok Kiri (LV)

$$\text{LV} = 560 \times 1.0 \text{ kend/jam} = 560 \text{ smp/jam}$$

$$\text{HV} = 225 \times 1.3 \text{ kend/jam} = 293 \text{ smp/jam}$$

$$\text{MC} = 708 \times 0.2 \text{ kend/jam} = 142 \text{ smp/jam}$$

$$\text{UM} = 9 \times 0.5 \text{ kend/jam} = 4 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total} = 999 \text{ smp/jam}$$

Lurus (ST)

$$\text{LV} = 561 \times 1.0 \text{ kend/jam} = 561 \text{ smp/jam}$$

$$\text{HV} = 212 \times 1.3 \text{ kend/jam} = 276 \text{ smp/jam}$$

$$\text{MC} = 801 \times 0.2 \text{ kend/jam} = 160 \text{ smp/jam}$$

$$\text{UM} = 11 \times 0.5 \text{ kend/jam} = 6 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Total} = 1003 \text{ smp/jam}$$

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dari pendekat adalah

$$Q = 999 \text{ smp/jam} + 1003 \text{ smp/jam} = 2002 \text{ smp/jam.}$$

$$\text{Arus belok kiri (Q LT)} = 999 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Arus Lurus (Q ST)} = 1003 \text{ smp/jam}$$

a. Nilai arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

$$\begin{aligned} S_o &= 600 \times W_e \\ &= 600 \times 11.00 \\ &= 6600 \text{ smp/jam hijau} \end{aligned}$$

b. Nilai arus jenuh (smp/jam hijau)

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p$$

$$S_o = \text{Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)}$$

$$F_{CS} = 0.5-1.0 \text{ juta jiwa} = 0.94$$

$$F_{CS} = 0.94$$

$$F_{SF} = 0.90$$

$$F_G = 1.00$$

$$F_p = 1.00$$

Jadi nilai jenuh (smp/jam hijau)

$$\begin{aligned} S &= 6600 \times 0.94 \times 0.90 \times 1.00 \times 1.00 \\ &= 5583.6 \text{ smp/jam hijau.} \end{aligned}$$

c. Kapasitas (C)

$$\begin{aligned} C &= 5583.6 \times \frac{30}{73} \\ &= 2294.63 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

e. Derajat Kejenuhan

$$DS = \frac{\square}{\square}$$

$$\begin{aligned} DS &= \frac{2002}{2294.63} \\ &= 0.872 \end{aligned}$$

f. Panjang antrian (NQ)

$$NQ1 = 0.25 \times C \times \left[(\square \square - 1) + \sqrt{(\square \square - 1)^2 + \frac{8 \square (\square \square - 0.5)}{\square}} \right]$$

$$NQ1 = 0.25 \times 2294.63 \times \left[(0.872 - 1) + \sqrt{(0.872 - 1)^2 + \frac{8 \times (0.872 - 0.5)}{2294.63}} \right]$$

$$NQ1 = 2.866 \text{ smp/jam}$$

$$NQ2 = c \times \frac{1 - GR}{(1 - GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ2 = 73 \times \frac{1 - 0.4109}{(1 - 0.4109) \times 0.872} \times \frac{2002}{3600}$$

$$NQ2 = 46.530 \text{ smp/jam}$$

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

$$NQ = 2.866 + 46.530$$

$$NQ = 49.397 \text{ smp/jam}$$

g. Tundaan lalu lintas rata rata (DT) $DT = \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR) \times DS} + \frac{Q}{3600} \times 3600$

$$DT = 73 \times \frac{0.5 \times (1 - 0.4109)^2}{(1 - 0.4109) \times 0.872} + \frac{2.866}{2294.63} \times 3600$$

$$DT = 45,80351 \text{ det/smp}$$

Tundaan lalu lintas 45,80351 det/smp, tundaan 40.1 – 60.0 det/smp maka tingkat pelayanan E.

4.3.3. Jl. Ahmad Yani Belok Kanan – Lurus

- Belok Kanan (LV)

$$LV = 533 \text{ kend/jam}$$

$$HV = 231 \text{ kend/jam}$$

$$MC = 784 \text{ kend/jam}$$

$$UM = 8 \text{ kend/jam}$$

$$\text{Total} = 1556 \text{ kend/jam}$$

- Lurus (ST)

$$LV = 807 \text{ kend/jam}$$

$$HV = 245 \text{ kend/jam}$$

$$MC = 642 \text{ kend/jam}$$

$$UM = 11 \text{ kend/jam}$$

$$\text{Total} = 1705 \text{ kend/jam}$$

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya dari jl. Ahmad Yani belok kanan - lurus adalah = 3261 kend/jam.

Karena arus lalu lintas adalah dalam kondisi arus berangkat terlindungi dimana keberangkatan arus tidak ada titik konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama, maka besarnya total arus lalu lintas menjadi:

Sehingga jumlah kendaraan seluruhnya adalah = Jalan Ahmad Yani
Belok Kiri (LV)

- Belok kanan (RV)
 - LV = $533 \times 1.0 \text{ kend/jam} = 533 \text{ smp/jam}$
 - HV = $231 \times 1.3 \text{ kend/jam} = 300 \text{ smp/jam}$
 - MC = $784 \times 0.2 \text{ kend/jam} = 157 \text{ smp/jam}$
 - UM = $8 \times 0.5 \text{ kend/jam} = 4 \text{ smp/jam}$
 - Total = 994 smp/jam

- Lurus (ST)
 - LV = $807 \times 1.0 \text{ kend/jam} = 807 \text{ smp/jam}$
 - HV = $245 \times 1.3 \text{ kend/jam} = 319 \text{ smp/jam}$
 - MC = $642 \times 0.2 \text{ kend/jam} = 128 \text{ smp/jam}$
 - UM = $11 \times 0.5 \text{ kend/jam} = 6 \text{ smp/jam}$
 - Total = 1259 smp/jam

Sehingga jumlah kendaran seluruhnya dan pendekatan adalah

$$Q = 994 \text{ smp/jam} + 1259 \text{ smp/jam} = 2254 \text{ smp/jam}$$

a. Pendekat Jalan

$$\text{Arus belok kiri (Q LT)} = 994 \text{ smp/jam}$$

$$\text{Arus lurus (ST)} = 1259 \text{ smp/jam}$$

b. Nilai arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

$$S_o = 600 \times W_e$$

$$= 600 \times 11.00$$

$$= 6600 \text{ smp/jam hijau}$$

c. Nilai arus jenuh (smp/jam hijau)

$$S = S_o \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_p$$

S_o = Arus jenuh dasar (smp/jam hijau)

F_{CS} = 0.5-1.0 juta jiwa

F_{CS} = 0.94

F_{SF} = $F_{SF} = 0.90$

F_G = $F_G = 1.00$

F_p = $F_p = 1.00$

Jadi nilai jenuh (smp/jam hijau)

$$S = 6600 \times 0.94 \times 0.90 \times 1.00 \times 1.00$$

$$= 5583.6 \text{ smp/jam hijau.}$$

d. kapasitas (C)

$$C = S \times \frac{\square}{\square}$$

$$C = 5583.6 \times \frac{30}{73} = 2294.63 \text{ smp/jam}$$

Derajat kejenuhan (DS)

$$DS = Q/C$$

$$DS = \frac{2254}{2294.63}$$

$$= 0.982$$

e. Panjang antrian (NQ)

$$NQ1 = 0.25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0.5)}{\square}} \right]$$

$$NQ1 = 0.25 \times 2294.63 \times \left[(0.982 - 1) + \sqrt{(0.982 - 1)^2 + \frac{8 \times (0.982 - 0.5)}{2294.63}} \right]$$

$$NQ1 = 15.835 \text{ smp/jam}$$

$$NQ2 = c \times \frac{1 - GR}{(1 - GR) \times DS} \times \frac{Q}{3600}$$

$$NQ2 = 73 \times \frac{1-0.4109}{(1.0.4109) \times 0.982} \times \frac{2254}{3600}$$

$$NQ2 = 46.530 \text{ smp/jam}$$

$$NQ = NQ_1 + NQ_2$$

$$NQ = 15.835 + 46.530$$

$$NQ = 61.915 \text{ smp/jam}$$

f. Tundaan lalu lintas rata-rata (DT)

$$DT = c \times \frac{0.5 \times (1-\rho)^2}{(1-\rho \times \rho \times \rho \times \rho)} + \frac{\rho \times 1}{\rho} \times 3600$$

$$DT = 73 \times \frac{0.5 \times (1-0.4109)^2}{(1-0.4109 \times 0.982)} + \frac{15.835}{2294.63} \times 3600$$

$$DT = 60.836 \text{ det/smp}$$

Tundaan lalu lintas 60.836 det/smp, tundaan ≥ 60.0 det/smp maka tingkat pelayanan F

4.4. Perhitungan waktu siklus optimum

Setelah dianalisis dapat diketahui bahwa derajat kejenuhan (DS) pada persimpangan tersebut lebih tinggi dari 0.85 ini berarti jalan tersebut mendekati lewat jenuh yang akan menyebabkan antrian panjang dan akan mengakibatkan kemacetan pada kondisi lalu lintas puncak, sehingga perlu diadakan perubahan-perubahan pada persimpangan tersebut. Perubahan tersebut dimaksud untuk meningkatkan kapasitas persimpangan jalan dan tingkat pelayanan persimpangan jalan tersebut.

4.4.1. Penggunaan dua fase dengan perhitungan waktu siklus optimum

a). Waktu siklus

fase 1

$$Q1 = 2013 \text{ smp/jam}$$

$$S1 = 6600 \text{ smp/jam}$$

$$FR1 = \frac{\rho}{\rho}$$

$$\begin{aligned} \text{FR1} &= \frac{2013}{6600} \\ &= 0.305 \end{aligned}$$

Fase 2

$$Q2 = 2002 \text{ smp/jam}$$

$$S2 = 6600 \text{ smp/jam}$$

$$\text{FR2} = \frac{\square}{\square}$$

$$\begin{aligned} \text{FR2} &= \frac{2002}{6600} \\ &= 0.303 \end{aligned}$$

Fase 3

$$Q3 = 2254 \text{ smp/jam}$$

$$S3 = 6600 \text{ smp/jam}$$

$$\text{FR3} = \frac{\square}{\square}$$

$$\begin{aligned} \text{FR3} &= \frac{2254}{6600} \\ &= 0.341 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IFR} &= \sum \square \square \text{ Kritis} \\ &= 0.305 + 0.3033 + 0.3415 \\ &= 0.9498 \end{aligned}$$

b). Rasio fase (PRi) = $\frac{\square \square}{\square \square \square}$

$$\begin{aligned} \text{PR1} &= \frac{\square \square 1}{\square \square \square} \\ &= \frac{0.305}{0.9498} \\ &= 0.3211 \end{aligned}$$

Rasio Fase (PRi) = $\frac{\square \square}{\square \square \square}$

$$\begin{aligned} \text{PR2} &= \frac{\square \square 2}{\square \square \square} \\ &= \frac{0.3033}{0.9498} \\ &= 0.3193 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio Fase (PR}_i) &= \frac{\square\square}{\square\square\square} \\ \text{PR}_3 &= \frac{\square\square^3}{\square\square\square} \\ &= \frac{0.3415}{0.9498} \\ &= 0.3595 \end{aligned}$$

c). Waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua)

$$\text{(Cua)} = \frac{(1.5\text{LTI}+5)}{(1-\square\square\square)}$$

$$\text{LTI} = 5 \text{ detik}$$

$$\text{Cua} = \frac{(1.5 \times 5 + 5)}{(1 - 0.9498)}$$

$$\text{Cua} = 249,003 \text{ detik}$$

d). Waktu hijau (g) pada fase :

$$\text{G}_1 = (\text{Cua} - \text{LTI}) \times \text{PR}_1$$

$$\begin{aligned} \text{g}_1 &= (249.003 - 5) \times 0.3211 \\ &= 78.349 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g}_2 &= (\text{Cua} - \text{LTI}) \times \text{PR}_2 \\ &= (249.003 - 5) \times 0.3193 \\ &= 77.910 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{g}_3 &= (\text{Cua} - \text{LTI}) \times \text{PR}_3 \\ &= (249.003 - 5) \times 0.2836 \\ &= 69.199 \text{ detik} \end{aligned}$$

e). Waktu siklus yang disesuaikan (C):

$$\begin{aligned} \text{C} &= \sum \square + \text{LTI} \\ &= (78.349 + 77.910 + 69.199) + 5 \\ &= 230.458 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jadi waktu siklus yang harus di sesuaikan adalah 230.458 detik.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari data yang didapatkan pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Untuk menentukan suatu sistem pengaturan lampu lalu-lintas, yakni fase dan waktu siklus yang optimum di persimpangan Jl. Jend. Ahmad Yani Simpang Jl. Masjid kota Rantau Prapat. Dari pengaturan fase sinyal didapat nilai rata-rata DS 0.87 dengan waktu siklus 73 detik, waktu hijau sebesar: fase 1 (30 detik), fase 2 (30 detik), fase 3 (30 detik) serta tundaan rata-rata 45.80 det/smp. Nilai DS telah melebihi angka 0,80 artinya tidak terlalu efektif dan sering terjadi kemacetan sehingga didapat tundaan yang besar pada simpang.
2. Untuk mendapatkan solusi dari masalah kemacetan lalu-lintas di persimpangan Jl. Jend. Ahmad Yani Simpang Jl. Masjid kota Rantau Prapat.. Didapatkan data bahwa derajat kejenuhan (DS) pada persimpangan tersebut lebih tinggi dari 0.80 ini berarti arus terhambat, kecepatan rendah yang akan menyebabkan antrian panjang dan akan mengakibatkan kemacetan pada kondisi lalu lintas puncak, sehingga perlu diadakan perubahan-perubahan pada persimpangan tersebut. Perubahan tersebut dimaksud yaitu :
 1. Meningkatkan kapasitas persimpangan jalan dan tingkat pelayanan persimpangan jalan tersebut.
 2. Membatasi angkutan yang lewat pada persimpangan tersebut

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk keperluan studi lebih lanjut adalah :

1. Untuk mengurangi hambatan samping dengan memberikan tempat khusus bagi angkutan umum dalam menaikkan dan menurunkan penumpang

2. Sebaiknya kendaraan tak bermotor tidak melawan arah arus lalu-lintas terutama becak dayung

LAMPIRAN

LAMPIRAN GAMBAR DILOKASI PENELITIAN



GambarL. 1: Kondisi Lampu Merah



Gambar L. 2 : Kondisi Jalan



Gambar L. 3: Kondisi Jalan



Gambar L. 4: Kondisi Pada Saat Lampu merah



Gambar L.5: Kondisi Pada Saat Lampu Merah

JL. AHMAD YANI BELOK KANAN

| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| | senin | selasa | rabu | kamis | jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 533 | 498 | 487 | 520 | 530 | 480 | 479 |
| 12.00-13.00 | 511 | 522 | 467 | 511 | 456 | 470 | 475 |
| 16.00-17.00 | 478 | 456 | 521 | 476 | 523 | 500 | 490 |
| volume rata rata (kend/jam) | 507 | 492 | 492 | 502 | 503 | 483 | 481 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 533 | 522 | 521 | 520 | 530 | 500 | 490 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 494 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 517 | | | | | | |

HV Ahmad Yani kanan

| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| | senin | selasa | rabu | kamis | jumat | sabtu | minggu |
| 5 | 223 | 180 | 217 | 230 | 198 | 219 | 178 |
| 12.00-13.00 | 211 | 210 | 223 | 219 | 190 | 190 | 214 |
| 16.00-17.00 | 213 | 212 | 220 | 231 | 187 | 188 | 219 |
| volume rata rata (kend/jam) | 216 | 201 | 220 | 227 | 192 | 199 | 204 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 223 | 212 | 223 | 231 | 198 | 219 | 219 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 208 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 218 | | | | | | |

MC Ahmad Yani kanan

| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | |
|------------------------------|---------------------------|--------|------|-----|
| | senin | selasa | rabu | kam |
| 07.00-08.00 | 698 | | | |
| 12.00-13.00 | | | | |
| 16.00-17.00 | | | | |
| volume rata rata (kend/jam) | | | | |
| volume jam puncak (kend/jam) | | | | |
| volume jam punca | | | | |
| volu | | | | |

UM Ahmad Yani kanan

| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| | senin | selasa | rabu | kamis | jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 8 | 5 | 7 | 5 | 6 | 7 | 6 |
| 12.00-13.00 | 7 | 6 | 6 | 6 | 3 | 8 | 6 |
| 16.00-17.00 | 4 | 8 | 8 | 6 | 8 | 6 | 2 |
| volume rata rata (kend/jam) | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 | 5 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 | 8 | 6 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 6 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 7 | | | | | | |

JL. AHMAD YANI BELOK KIRI

| HV Ahmad Yani kiri | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 200 | 211 | 215 | 230 | 210 | 216 | 178 |
| 12.00-13.00 | 201 | 201 | 207 | 211 | 150 | 219 | 121 |
| 16.00-17.00 | 180 | 167 | 198 | 190 | 245 | 211 | 167 |
| volume rata rata (kend/jam) | 194 | 193 | 207 | 210 | 202 | 215 | 155 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 201 | 211 | 215 | 230 | 245 | 219 | 178 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 197 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 214 | | | | | | |

| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 642 | 598 | | | | | |
| 12.00-13.00 | 476 | | | | | | |
| 16.00-17.00 | | | | | | | |
| volume rata rata (kend/jam) | | | | | | | |
| volume jam puncak (kend/jam) | | | | | | | |
| volume jam puncak | | | | | | | |
| volume | | | | | | | |

| UM Ahmad Yani kiri | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 11 | 8 | 7 | 7 | 4 | 9 | 6 |
| 12.00-13.00 | 6 | 8 | 6 | 4 | 5 | 4 | 6 |
| 16.00-17.00 | 10 | 7 | 9 | 9 | 5 | 4 | 8 |
| volume rata rata (kend/jam) | 9 | 8 | 7 | 7 | 5 | 6 | 7 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 11 | 8 | 9 | 9 | 5 | 9 | 8 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 7 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 8 | | | | | | |

JL. AHMAD YANI

| LV Ahmad Yani - kiri | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 510 | 560 | 500 | 520 | 467 | 500 | 501 |
| 12.00-13.00 | 511 | 467 | 550 | 542 | 560 | 512 | 507 |
| 16.00-17.00 | 498 | 523 | 556 | 541 | 476 | 498 | 540 |
| volume rata rata (kend/jam) | 506 | 517 | 535 | 534 | 501 | 503 | 516 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 511 | 560 | 556 | 542 | 560 | 512 | 540 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 516 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 540 | | | | | | |

| MC Ahmad Yani - kiri | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 680 | 708 | 608 | 689 | 700 | 567 | 643 |
| 12.00-13.00 | 659 | 702 | 697 | 678 | 654 | 583 | 657 |
| 16.00-17.00 | 699 | 679 | 603 | 602 | 699 | 701 | 643 |
| volume rata rata (kend/jam) | 679 | 696 | 636 | 656 | 684 | 617 | 648 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 699 | 708 | 697 | 689 | 700 | 701 | 657 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 660 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 693 | | | | | | |

| UM Ahmad Yani - kiri | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 8 | 9 | 8 | 5 | 7 | 8 | 6 |
| 12.00-13.00 | 7 | 8 | 5 | 8 | 6 | 7 | 4 |
| 16.00-17.00 | 7 | 6 | 8 | 7 | 4 | 6 | 8 |
| volume rata rata (kend/jam) | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 7 | 6 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 8 | 9 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 7 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 8 | | | | | | |

JL. AHMAD YANI LURUS

| HV Ahmad Yani lurus | | | | | | | |
|--|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 209 | 198 | 201 | 194 | 189 | 197 | 120 |
| 12.00-13.00 | 201 | 167 | 187 | 169 | 143 | 176 | 194 |
| 16.00-17.00 | 212 | 189 | 208 | 209 | 199 | 187 | 107 |
| volume rata rata (kend/jam) | 207 | 185 | 199 | 191 | 177 | 187 | 140 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 212 | 198 | 208 | 209 | 199 | 197 | 194 |
| volume jampuncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 184 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 202 | | | | | | |

| MC Ahmad Yani lurus | | | | | | | |
|--|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 798 | 784 | 789 | 801 | 768 | 654 | 654 |
| 12.00-13.00 | 767 | 765 | 678 | 678 | 745 | 678 | 567 |
| 16.00-17.00 | 801 | 675 | 670 | 765 | 765 | 678 | 678 |
| volume rata rata (kend/jam) | 789 | 741 | 712 | 748 | 759 | 670 | 633 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 801 | 784 | 789 | 801 | 768 | 678 | 678 |
| volume jampuncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 722 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 757 | | | | | | |

| UM Ahmad Yani lurus | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 7 | 10 | | | | | |
| 12.00-13.00 | | | | | | | |
| 16.00-17.00 | | | | | | | |
| volume rata rata (kend/jam) | | | | | | | |
| volume jam puncak (kend/ | | | | | | | |
| volume jampun | | | | | | | |
| volum | | | | | | | |

JL. MASJID KANAN

| HV Masjid - kanan | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 180 | 175 | 165 | 156 | 120 | 130 | 190 |
| 12.00-13.00 | 170 | 191 | 191 | 143 | 189 | 180 | 123 |
| 16.00-17.00 | 187 | 193 | 184 | 193 | 167 | 176 | 167 |
| volume rata rata (kend/jam) | 179 | 186 | 180 | 164 | 159 | 162 | 160 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 187 | 193 | 191 | 193 | 189 | 180 | 190 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 170 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 189 | | | | | | |

| MC Masjid - kanan | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 710 | 657 | 716 | 701 | 711 | 654 | 666 |
| 12.00-13.00 | 600 | 687 | 590 | 654 | 578 | 546 | 543 |
| 16.00-17.00 | 717 | 703 | 685 | 698 | 697 | 681 | 693 |
| volume rata rata (kend/jam) | 676 | 682 | 717 | 684 | 662 | 627 | 634 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 717 | 703 | 716 | 701 | 711 | 681 | 693 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 669 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 703 | | | | | | |

| UM Masjid - kanan | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | Jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 7 | 6 | 7 | 4 | 3 | 9 | 8 |
| 12.00-13.00 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 4 | 3 |
| 16.00-17.00 | 11 | 7 | 5 | 12 | 9 | 7 | 6 |
| volume rata rata (kend/jam) | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 11 | 7 | 8 | 12 | 10 | 9 | 8 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 7 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 9 | | | | | | |

JL. MASJID KIRI

| HV Masjid - kiri | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--------|------|-------|----|--|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | ju | |
| 07.00-08.00 | 190 | 160 | 145 | | | |
| 12.00-13.00 | 180 | 189 | | | | |
| 16.00-17.00 | 1 | | | | | |
| volume rata rata (kend/jam) | | | | | | |
| volume jam puncak (kend/jam) | | | | | | |
| volume jam puncak rat | | | | | | |
| volum | | | | | | |

| MC Masjid - kiri | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 768 | 687 | 732 | 740 | 723 | 604 | 598 |
| 12.00-13.00 | 656 | 721 | 629 | 567 | 720 | 683 | 670 |
| 16.00-17.00 | 743 | 712 | 678 | 769 | 712 | 612 | 675 |
| volume rata rata (kend/jam) | 722 | 707 | 680 | 692 | 718 | 633 | 648 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 768 | 721 | 732 | 769 | 723 | 683 | 675 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 686 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 724 | | | | | | |

| UM Masjid - kiri | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|
| periode pengamatan | volume lalu lintas harian | | | | | | |
| | senin | selasa | rabu | kamis | jumat | sabtu | minggu |
| 07.00-08.00 | 5 | 8 | 10 | 9 | 8 | 11 | 5 |
| 12.00-13.00 | 9 | 10 | 7 | 11 | 4 | 12 | 6 |
| 16.00-17.00 | 9 | 11 | 10 | 7 | 9 | 6 | 11 |
| volume rata rata (kend/jam) | 8 | 10 | 9 | 9 | 7 | 10 | 7 |
| volume jam puncak (kend/jam) | 9 | 11 | 10 | 11 | 9 | 12 | 11 |
| volume jam puncak rata rata 7 hari (kend/jam) | 8 | | | | | | |
| volume rata rata dalam 7 hari (kend/jam) | 10 | | | | | | |

DAFTAR PUSTAKA

- Budi Hartanto Susilo, Apriyanto loentan, *Alternatif Pemecahan Masalah pada Simpang Tiga kariangau-Soekarno hatta KM 5,5, Balik Papan ditinjau dari Kondisi Geometrik.*
- C. Jotin Khisty & B. Kent Lall. 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Jilid I Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Darma (1997), *Tundaan dan panjang antrian pada simpang bersinyal dengan model simulasi*. Tugas Akhir Sarjana Teknik, Universitas Gadjah mada, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum
- Hobbs, F.D 1995, *Perancaan Dan Teknik Lalulintas*, Gajah Mada University Press Yogyakarta
- Jawahir (2000), *Jalan Kolonel Analisa Panjang Antrean Sugiono Dan Jalan Sisingamangraja*, Yogyakarta. Tugas Sarjana Teknik Muhammadiyah Yogyakarta
- Khisty,C.J., Lall,B.K., 2005, *Jilid 2 Dasar – Dasar Rekayasa Transportasi*. Edisi Ketiga. Erlangga, Jakarta
- Manajemen lalu lintas Perkotaan, Beta Offset, JogjakartaC. Jotin Khisty, Bkend Lall, (2002), *Dasar dasar Rekayasa Transportasi*.
- Miro, Penerbit Erlangga, Jakarta Direktorat Bina Marga. (1997), *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*.(MKJI), Sweroad Bekerja sama dengan PT Bina Karya
- Ofyar Z. Tamin, 1997, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, ITB. Bandung
- Sony Sulaksono, M.S.C, (2001), *Rekayasa Lalu Lintas*, ITB, Bandung.
- Tamin, Ofyar Z, Edisi Ke-2, 2000, *Perencanaan Dan Pemodelan Transportasi*, Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung

Widodo, W. (1997), *Perbandingan Metode MKJI(1997) dengan program OSCADY pada simpang bersinyal*. Tesis Megister Sistem dan Teknik Transportasi, Unibersitas Gadjah Mada, Yokyakarta

1991, Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Darat No. AJ 401/1/7 tentang *Pedoman Sistem Pengendalian Lalu Lintas Terpusat*, Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Dahlan Sani Ritonga
Tempat, Tanggal Lahir : Tj. medan ,12 desember 1996
Alamat : Tanoh Abu. Kec. Atu Lintang.
Kab. Aceh Tengah
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
No. HP/Telp. Seluler : 081218473097
E-Mail : ritongadahlans@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Sahnuda Ritonga
Ibu : Siti Hajar Rambe

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1507210210
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA, No.3, Medan
20238

| No | Tingkat Pendidikan | Nama dan Tempat | Tahun Kelulusan |
|----|---|--------------------------------|-----------------|
| 1 | Sekolah Dasar | SD NEGERI 112158 TANJUNG MEDAN | 2008 |
| 2 | MTs | SMP NEGRI 2 BILAH BARAT | 2011 |
| 3 | MA | SMA NEGRI 1 RANTAU SELATAN | 2014 |
| 4 | Melanjutkan Kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 Hingga | | |

