

## **BAB III**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **3.1 Jalan**

Definisi jalan berdasarkan Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan yang terdapat pada pasal 1 ayat (4) menyatakan "Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.". Jalan yang saling terhubung tersebut menjadi satu kesatuan membentuk suatu jaringan jalan. Sebagaimana yang terdapat dalam Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan pasal 1 ayat (18) menyatakan, "Sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan ruas jalan yang saling menghubungkan dan mengikat pusat-pusat pertumbuhan dengan wilayah yang berada dalam pengaruh pelayanan dalam satu hubungan hierarkis."

#### **3.2 Persimpangan Jalan**

Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari jaringan jalan. Simpang adalah simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu, disini arus lalu lintas mengalami konflik. Untuk mengendalikan konflik ini ditetapkan aturan lalu lintas untuk menetapkan siapa yang mempunyai hak terlebih dahulu untuk menggunakan persimpangan. Simpang dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas di dalamnya (MKJI, 1997).

Simpang menurut Khristy dan Kent dikutip dalam jurnal Messah (2015). Simpang adalah bagian dari sistem jaringan jalan yang mempertemukan dua ruas jalan atau lebih dari dua ruas jalan, secara umum kapasitas simpang dapat dikontrol dengan mengendalikan volume lalu lintas dan sistem jaringan tersebut. Alat pengendali lalu lintas meliputi: rambu,

marka, penghalang yang dapat dipindahkan, dan lampu lalu lintas. Seluruh peralatan pengendali lalu lintas pada simpang dapat digunakan secara terpisah atau digabungkan bila perlu.

Pada persimpangan, konflik lalu lintas digambarkan sebagai peristiwa yang melibatkan beberapa tahap berikut:

1. Kendaraan pertama melakukan gerak manuver; misal, masuk dari sebrang jalan lain.
2. Kendaraan kedua atau yang lain berada pada posisi yang berbahaya terhadap tabrakan.
3. Reaksi yang dilakukan oleh kendaraan kedua adalah pengereman atau pengelakan.
4. Kendaraan kedua tetap memasuki area persimpangan.

Persimpangan merupakan suatu daerah dimana arus lalu lintas dari berbagai arah bertemu atau bersilangan, baik yang terdiri dari pertemuan tiga ruas jalan maupun yang terdiri dari lebih tiga ruas jalan. Dilihat dari bentuk pertemuannya, persimpangan dapat dibedakan menjadi persimpangan sebidang (*intersection*), persimpangan tidak sebidang (*interchange*), dan persilangan (Tanan 2008).

### **3.3 Manajemen Rekayasa Lalu Lintas**

Manajemen rekayasa lalu lintas berdasarkan Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, diketahui bahwa Lalu Lintas dan Angkutan Jalan diselenggarakan dengan tujuan mewujudkan pelayanan lalu lintas dan angkutan jalan yang aman, selamat, tertib, lancar dan terpadu dengan moda transportasi lainnya untuk menggerakkan perekonomian nasional dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat, memperkokoh persatuan dan kesatuan bangsa serta dapat menjaga martabat bangsa. Lalu, Implementasi moralitas tradisional dan budaya bangsa serta penegakan hukum dan kepastian hukum bagi masyarakat.

Dalam Undang-undang nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, terdapat aturan mengenai manajemen dan rekayasa lalu lintas serta pelaksanaannya pada pasal 93 ayat (1) menyatakan,

“Manajemen dan rekayasa lalu lintas dilaksanakan untuk mengoptimalkan penggunaan jaringan jalan dan Gerakan lalu lintas dalam rangka menjamin keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan.”

Bentuk tindakan upaya manajemen dan rekayasa lalu lintas yang terdapat di dalam Undang-undang nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan pada pasal 93 ayat (2) dilakukan dengan sebagai berikut:

- a. Penetapan prioritas angkutan massal melalui penyediaan lajur atau jalur atau jalan khusus;
- b. Pemberian prioritas keselamatan dan kenyamanan Pejalan Kaki;
- c. Pemberian kemudahan bagi penyandang cacat;
- d. Pemisahan atau pemilahan pergerakan arus Lalu Lintas berdasarkan peruntukan lahan, mobilitas, dan aksesibilitas;
- e. Pemaduan berbagai moda angkutan;
- f. Pengendalian Lalu Lintas pada persimpangan;
- g. Pengendalian Lalu Lintas pada ruas Jalan; dan/atau
- h. Perlindungan terhadap lingkungan.

Bentuk upaya kegiatan manajemen dan rekayasa lalu lintas yang terdapat di dalam Undang-undang nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan pada pasal 93 ayat (3) meliputi kegiatan sebagai berikut:

- a. Perencanaan;
- b. Pengaturan;
- c. Perekayasaan;
- d. Pemberdayaan; dan
- e. Pengawasan.

Kegiatan manajemen dan rekayasa lalu lintas yang telah disebutkan dalam Undang-undang nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan pasal 93 ayat (3) dijabarkan dan dijelaskan pada pasal 94 ayat (1), (2), (3), (4), dan (5) sebagai berikut:

1. Kegiatan perencanaan meliputi:
  - a. Identifikasi masalah Lalu Lintas;
  - b. Inventarisasi dan analisis situasi arus Lalu Lintas;
  - c. Inventarisasi dan analisis kebutuhan angkutan orang dan barang;
  - d. Inventarisasi dan analisis ketersediaan atau daya tampung jalan;
  - e. Inventarisasi dan analisis ketersediaan atau daya tampung Kendaraan;
  - f. Inventarisasi dan analisis angka pelanggaran dan Kecelakaan Lalu Lintas;
  - g. Inventarisasi dan analisis dampak Lalu Lintas;
  - h. Penetapan tingkat pelayanan; dan
  - i. Penetapan rencana kebijakan pengaturan penggunaan jaringan Jalan dan gerakan Lalu Lintas.
2. Kegiatan pengaturan meliputi:
  - a. Penetapan kebijakan penggunaan jaringan Jalan dan gerakan lalu lintas pada jaringan Jalan tertentu; dan
  - b. Pemberian informasi kepada masyarakat dalam pelaksanaan Kebijakan yang telah ditetapkan.
3. Kegiatan perekayasa meliputi:
  - a. Perbaikan geometrik ruas Jalan dan/atau persimpangan serta perlengkapan Jalan yang tidak berkaitan langsung dengan Pengguna Jalan;
  - b. Pengadaan, pemasangan, perbaikan, dan pemeliharaan perlengkapan Jalan yang berkaitan langsung dengan Pengguna Jalan; dan
  - c. Optimalisasi operasional rekayasa Lalu Lintas dalam rangka meningkatkan ketertiban, kelancaran, dan efektivitas penegakan hukum.
4. Kegiatan pemberdayaan meliputi:
  - a. Arahan;

- b. Bimbingan;
  - c. Penyuluhan;
  - d. Pelatihan; dan
  - e. Bantuan teknis
5. Kegiatan pengawasan meliputi:
- a. Penilaian terhadap pelaksanaan kebijakan;
  - b. Tindakan korektif terhadap kebijakan; dan
  - c. Tindakan penegakan hukum.

Pada Ketentuan Umum Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 Pasal 1 Ayat (19) menyatakan bahwa, "Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur Lalu Lintas orang dan/atau Kendaraan di persimpangan atau pada ruas Jalan.". Pasal 112 Ayat (3) menyatakan, "Pada persimpangan Jalan yang dilengkapi Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, Pengemudi Kendaraan dilarang langsung berbelok kiri, kecuali ditentukan lain oleh Rambu Lalu Lintas atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas."

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 32 Tahun 2011 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas menyatakan bahwa "Manajemen dan rekayasa lalu lintas adalah serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung, dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas." Pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2014 Tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas tersebut diatur dimana hal-hal yang diatur didalamnya adalah sebagai berikut:

1. Alat pemberi isyarat lalu lintas adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk

mengatur lalu lintas orang dan/atau Kendaraan di persimpangan atau pada ruas jalan.

2. Alat pemberi isyarat lalu lintas terdiri dari:
  - a. Lampu tiga warna,
  - b. Lampu dua warna,
  - c. Lampu satu warna
3. Lampu tiga warna terdiri dari lampu berwarna merah, kuning, dan hijau
4. Lampu berwarna merah, menyatakan kendaraan harus berhenti dan tidak boleh melewati marka melintang yang berfungsi sebagai garis henti.
5. Lampu berwarna kuning, untuk memberikan peringatan bagi pengemudi
  - a. Lampu berwarna kuning yang menyala sesudah lampu berwarna hijau padam, menyatakan lampu berwarna merah akan segera menyala, kendaraan bersiap untuk berhenti.
  - b. lampu berwarna kuning yang menyala bersama dengan lampu berwarna merah, menyatakan lampu berwarna hijau akan segera menyala, Kendaraan bersiap untuk bergerak.
6. Lampu berwarna hijau, menyatakan kendaraan berjalan.
7. Pengaturan waktu siklus Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas terdiri atas:
  - a. waktu siklus terkoordinasi
  - b. waktu siklus tidak terkoordinasi.

Penyelenggaraan alat pemberi isyarat lalu lintas:

1. Penyelenggaraan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas meliputi kegiatan:
  - a. penempatan dan pemasangan
  - b. pemeliharaan
  - c. penghapusan
2. Penyelenggaraan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas sebagaimana dimaksud dalam pasal 27 dilakukan oleh:

- a. Direktur Jenderal, untuk jalan nasional
- b. gubernur, untuk jalan provinsi
- c. bupati, untuk jalan kabupaten dan jalan desa; dan
- d. walikota untuk jalan kota

#### Tata cara penempatan dan susunan Alat Pemberi Isyarat lalu Lintas

1. Penempatan dan pemasangan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas harus memperhatikan:
  - a. desain geometrik jalan
  - b. kondisi tata guna lahan
  - c. situasi arus lalu lintas
  - d. jaringan lalu lintas dan angkutan jalan
  - e. kelengkapan bagian konstruksi jalan
  - f. kondisi struktur tanah
  - g. konstruksi yang tidak berkaitan dengan Pengguna Jalan
2. Penempatan dan pemasangan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas harus pada ruang manfaat jalan.
3. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas dengan lampu tiga warna dipasang pada:
  - a. persimpangan
  - b. ruas jalan

#### Tata Cara Pemeliharaan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas:

1. Pemeliharaan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas dilakukan secara:
  - a. Berkala
  - b. insidental
2. Pemeliharaan berkala dilakukan paling sedikit setiap 6 (enam) bulan.

3. Pemeliharaan berkala sebagaimana dilakukan dengan mempertimbangkan aspek:
  - a. umur teknis masing-masing komponen
  - b. perkembangan teknologi dan inovasi bidang transportasi dan telematika
  - c. rencana pengaturan lalu lintas
4. Pemeliharaan berkala sebagaimana meliputi:
  - a. menghilangkan benda di sekitar armatur yang dapat menghalangi dan/atau mengurangi intensitas pencahayaan
  - b. membersihkan komponen optis dari debu dan/ atau kotoran
  - c. menghilangkan tanda-tanda korosi pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas
  - d. pengecatan tiang penyangga untuk melindungi dari korosi
5. Pemeliharaan insidental meliputi:
  - a. penggantian komponen baru Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas yang mengalami kerusakan mendadak
  - b. penyesuaian waktu siklus dengan situasi arus lalu lintas aktual
  - c. penyesuaian letak komponen utama dan tambahan yang bergeser dari posisi awal pemasangan.

### **3.4 Istilah Pengertian**

Definisi operasional variabel–variabel yang digunakan dalam analisis untuk memudahkan dalam penelitian diambil dari sumber buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yang diterbitkan oleh Bina Marga tahun 1997 meliputi:

1. Masalah

Sesuatu atau persoalan yang harus diselesaikan atau dipecahkan.

## 2. Panjang Antrian

Panjang antrian didefinisikan sebagai banyaknya kendaraan yang antri pada mulut persimpangan pada saat lampu lalu lintas dalam keadaan merah. Semakin panjang antrian yang terjadi, dapat dikatakan kinerja persimpangan makin buruk.

## 3. Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu persimpangan dibandingkan terhadap situasi bila tidak terdapat persimpangan. Semakin lama waktu tundaan rata – rata tiap kendaraan, kinerja persimpangan semakin buruk.

## 4. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah perbandingan antara arus aktual dengan arus jenuh persimpangan atau rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekatan. Semakin mendekati angka 1,0 maka kinerja persimpangan semakin buruk.

## 5. Fase

Fase adalah suatu kondisi dari alat pemberi isyarat lalu lintas dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu lintas tertentu.

## 6. Waktu Siklus (*Circle Time*)

Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan untuk suatu urutan lengkap dari perintah–perintah lampu lalu lintas atau merupakan penjumlahan waktu dari keseluruhan tahap atau waktu yang dibutuhkan pada suatu fase dari saat lampu lalu lintas mulai menunjukkan warna hijau sampai kembali warna hijau kembali.

## 7. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

APILL adalah perangkat peralatan lalu lintas yang menggunakan isyarat lampu untuk mengatur lalu lintas orang atau kendaraan di persimpangan atau ruas jalan.

## 8. Arus Berangkat Terlawan (tipe O)

Arus berangkat terlawan adalah keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus / belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.

9. Arus Berangkat Terlindung (tipe P)

Arus berangkat terlindung adalah keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus.

10. Arus Jenuh (*Saturation Flow*)

Arus jenuh adalah jumlah maksimum dari arus lalu lintas pada saat lampu lalu lintas menunjukkan warna hijau.

11. Belok Kiri (LT)

Belok kiri adalah indeks untuk lalu lintas yang belok kiri.

12. Belok Kiri langsung (LTOR)

Belok kiri langsung adalah indeks untuk lalu lintas belok kiri yang di ijinan lewat pada saat sinyal merah.

13. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah banyaknya kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu ruas jalan dalam periode waktu tertentu.

14. Persimpangan

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan dimana jalan–jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan.

15. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan diubah menjadi arus kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan satuan mobil penumpang.

16. Tahap

Tahap adalah bagian dari siklus apabila suatu kombinasi perintah sinyal tertentu adalah tetap hal ini dimiliki pada awal periode waktu kuning dan berakhir pada akhir dari periode hijau yang berikutnya.

17. Titik Konflik

Titik konflik adalah titik pertemuan antara gerakan kendaraan dari kaki persimpangan yang satu dengan gerakan kendaraan dari persimpangan yang lain.

18. Waktu Hijau Antara (*Intergreen*)

Waktu hijau antara adalah waktu antara berakhirnya isyarat hijau pada salah satu tahap dan dimulainya waktu hijau pada tahap berikutnya (terdiri dari waktu kuning ditambah dengan waktu merah bersama).

19. Waktu Hijau Efektif

Waktu hijau efektif adalah waktu hijau ditambah waktu kuning dikurangi waktu yang hilang.

20. Waktu Hilang (*Lost Time*)

Waktu hilang adalah jumlah semua periode antar hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat juga diperoleh dari beda antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan.

### 3.5 Prinsip Waktu Siklus

Pada penelitian ini yang berjudul Optimalisasi Kinerja Lalu Lintas Simpang Bersinyal Sumarwi, memperhatikan juga evaluasi mengenai waktu siklus. Adapun prinsip-prinsip waktu siklus berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1977 adalah sebagai berikut:

1. Siklus, Fase, dan Tahap

Suatu rencana waktu signal digunakan untuk mengatur dan memisahkan arus-arus lalu lintas yang membelok dan mendekati persimpangan. Dengan begitu suatu rencana periode waktu spesifik dapat diidentifikasi.

a. Rencana Signal

Suatu rangkaian yang ditentukan terlebih dahulu dari kejadian-kejadian yang didesain untuk memisahkan dan mengatur pergerakan lalu lintas dalam suatu periode waktu tertentu dalam

suatu hari seperti waktu pagi, waktu tidak sibuk dan waktu sibuk sore.

b. Waktu siklus

Waktu siklus adalah serangkaian tahap-tahap dimana semua pergerakan lalu lintas dilakukan, atau merupakan penjumlahan waktu dari keseluruhan tahapan.

c. Tahap

Tahap adalah bagian dari siklus apabila suatu kombinasi perintah signal tertentu adalah tetap konstan. Hal ini dimiliki pada awal periode waktu kuning, dan berakhir dari periode hijau berikutnya. Siklus adalah jumlah dari waktu-waktu tahap. Pengaturan tahap menuju pada rangkaian lengkap dimana persimpangan diatur.

d. Fase

Suatu kondisi dari APILL dalam satu waktu siklus yang memberikan hak jalan pada satu atau lebih gerakan lalu lintas tertentu.

e. Periode Hijau Antara

Adalah suatu waktu diantara satu tahap yang menyala kuning (pada suatu kaki persimpangan yang lain menyala hijau).

Waktu ini ditentukan berdasarkan pertimbangan keselamatan terhadap waktu yang diperlukan oleh kendaraan untuk keluar dari suatu persimpangan sebelum suatu pergerakanyang berlawanan diperbolehkan mulai bergerak.

Periode waktu hijau antara = waktu menyeberang + waktu pengosongan + waktu masuk biasanya 3 detik kuning + 1 detik merah (merah dan kuning).

2. Waktu Hijau Efektif dan Waktu Hilang

Pada saat periode waktu hijau dimulai, kendaraan masih berhenti dan pengemudi memerlukan waktu untuk mulai berjalan dan mempercepatnya sampai sampai kesuatu kecepatan jalan yang normal. Pada akhir dari periode waktu hijau terdapat periode waktu kuning, dimana pada kesempatan tersebut beberapa kendaraan akan tetap melintas persimpangan dan kendaraan-kendaraan lain akan

memperlambat lajunya dan kemudian berhenti. Jadi pada waktu mulai dan pada akhir dari periode waktu hijau kapasitasnya berkurang. Pada saat waktu hijau, antrian kendaraan akan mencapai kecepatan jalannya dan jumlah kendaraan yang melintasi persimpangan akan mencapai suatu tingkat yang konstan dan disebut sebagai arus jenuh. Waktu yang hilang pada periode percepatan dan periode perlambatan disebut sebagai waktu hilang. Waktu hijau efektif dihitung sebagai berikut.

Waktu Hijau Efektif = Waktu hijau + waktu kuning – waktu merah.  
Waktu hilang diperkirakan 2 detik per fase, waktu kuning biasanya diambil 3 detik. Adapun aturan mengenai waktu hilang yang dapat dilihat pada tabel III.1.

**Tabel III. 1** Waktu antara hijau

<b>Ukuran Simpang</b>	<b>Rata-rata Lebar Jalan</b>	<b>Nilai Normal Waktu Antar Hijau</b>
Kecil	6 – 9 m	4 detik / fase
Sedang	10 – 14 m	5 detik / fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 detik / fase

*Sumber: MKJI 1997*

### 3. Arus Jenuh

Arus jenuh merupakan tingkat arus maksimum pada suatu mulut persimpangan jika lampu pengaturan lalu lintas terus menerus menyala hijau. Arus jenuh padat diperkirakan dari lebar jalan dengan faktor koreksi untuk hal-hal yang mengganggu kondisi "kelancaran arus" yang ideal, yang dapat diubah-ubah untuk meningkatkan penampilan seperti misalnya:

- a) Kelandaian
- b) Komposisi kendaraan
- c) Lalu lintas yang membelok
- d) Penyeberang jalan
- e) Kendaraan yang diparkir

#### 4. Lalu Lintas Belok Kiri

Adalah umum untuk mengizinkan lalu lintas yang membelok ke kiri untuk tetap berjalan meskipun lampu lalu lintas yang utama menyala merah hal ini dapat dilakukan oleh suatu lampu panah hijau, atau oleh suatu peraturan lalu lintas yang umum bahwa semua lalu lintas yang membelok ke kiri dapat berjalan terus tanpa berhenti. Meskipun demikian, para pejalan kaki memerlukan suatu prioritas, apabila digunakan lampu panah maka waktu hijau dapat ditunda untuk memberikan waktu bagi para pejalan kaki untuk menyeberang, apabila digunakan system pengaturan yang lain, maka para kendaraan yang belok kiri, yaitu kendaraan-kendaraan harus berhenti jika terdapat pejalan kaki yang menyeberang.

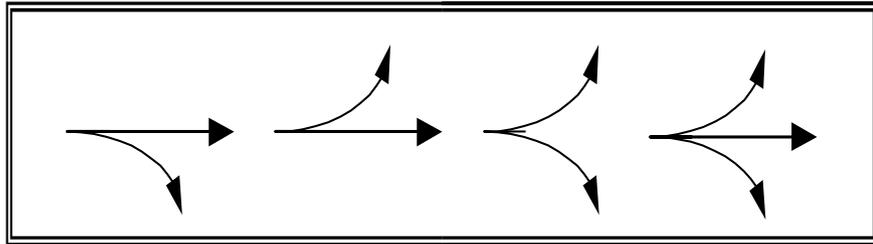
#### 5. Lalu Lintas Belok Kanan

Lalu lintas belok kanan merupakan yang utama pada persimpangan-persimpangan, khususnya yang di lengkapi dengan lampu lalu lintas.

#### 6. Penentuan Tahap

Berdasarkan buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 pada umumnya pengaturan dua fase dicoba sebagai kejadian dasar, karena biasanya menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah daripada tipe fase sinyal lain dengan pengatur fase yang biasa dengan pengaturan fase konvensional. Arus berangkat belok kanan pada fase yang berbeda dari gerakan lurus langsung memerlukan lajur terpisah. Pengaturan terpisah gerakan belok kanan biasanya hanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas jika arus melebihi 200 smp/jam. Walau demikian, diperlukan demi keselamatan lalu lintas dalam keadaan tertentu. Secara umum pergerakan kendaraan di persimpangan dapat dibedakan menjadi empat jenis dasar dari alih gerak kendaraan yaitu:

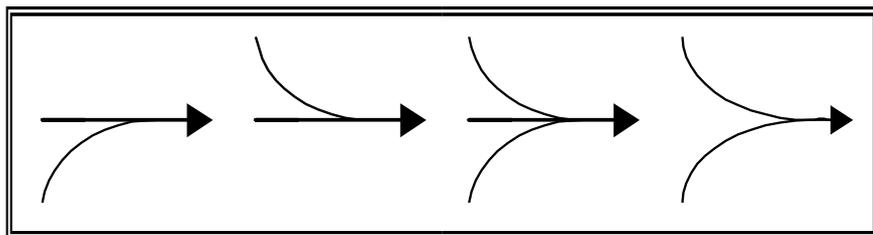
- 1) Berpencar (*diverging*)



Sumber: ASSTHO, 2021

**Gambar III. 1** Alih gerak kendaraan berpencar

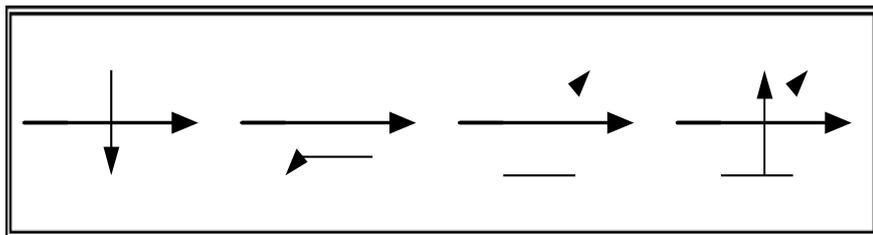
2) Menggabung (*merging*)



Sumber: ASSTHO, 2021

**Gambar III. 2** Alih gerak kendaraan menggabung

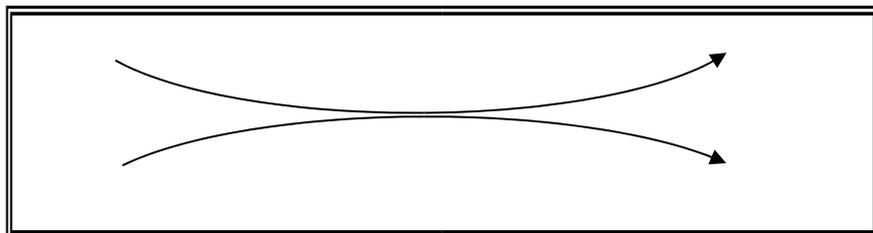
3) Menyilang/berpotongan (*crossing*)



Sumber: ASSTHO, 2021

**Gambar III. 3** Alih gerak kendaraan menyilang/berpotongan

4) Menggabung lalu berpencar



Sumber: ASSTHO, 2021

**Gambar III. 4** Alih gerak kendaraan menggabung lalu berpencar

Dari keempat alih gerak tersebut, alih gerak yang berpotongan adalah lebih berbahaya dari pada alih gerak yang lain. Hal ini karena pada alih gerak yang berpotongan terjadi konflik.

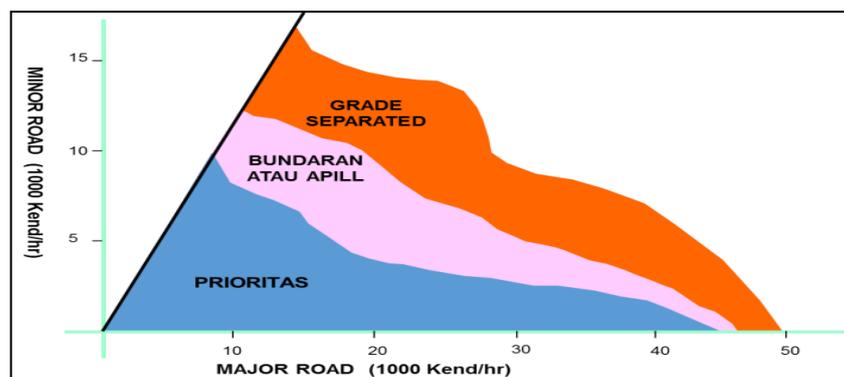
Adapun jumlah konflik pada suatu persimpangan adalah tergantung pada:

- 1) Jumlah kaki persimpangan
- 2) Jumlah arah pergerakan
- 3) Jumlah lajur dari setiap kaki persimpangan
- 4) Sistem pengendalian persimpangan.

#### 7. Penentuan Pengaturan Persimpangan

Pada persimpangan yang menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas, konflik antar arus lalu lintas dikendalikan dengan isyarat lampu, konflik dapat dihilangkan dengan melepaskan hanya satu arus lalu lintas, tetapi akan mengakibatkan hambatan yang besar bagi arus–arus dari kaki-kaki persimpangan lainnya dan secara keseluruhan mengakibatkan penggunaan persimpangan tidak efisien. Oleh karena itu perlu dipertimbangkan untuk mengalirkan beberapa arus bersamaan untuk mempertinggi efisiensi penggunaan persimpangan dengan tidak mengurangi perhatian pada aspek keselamatan.

Pada sistem pengendalian persimpangan dapat menggunakan pedoman pada gambar penentuan pengendalian persimpangan yang digunakan berdasarkan volume lalu lintas pada masing-masing kaki simpangannya.



Sumber: Australian Road Research Board (ARRB)

**Gambar III. 5** Penentuan pengaturan simpang

Penghitungan dilakukan persatuan waktu (jam) untuk satu waktu lebih periode, misalkan pada arus lalu lintas jam sibuk pagi, siang dan sore. Jika distribusi gerakan membelok tidak diketahui dan tidak dapat diperkirakan, 15% belok kanan dan 15% belok kiri dari arus pendekat total dapat dipergunakan (kecuali jika ada gerakan membelok tersebut yang akan dilarang).

$$\text{LHR} = \frac{VJP}{K}$$

(Rumus 1)

*Sumber: MKJI 1997*

Jika hanya arus lalu lintas (LHR) saja yang ada tanpa diketahui distribusi lalu lintas pada setiap jamnya, maka arus rencana per jam dapat diperkirakan sebagai suatu persentase dari LHR dapat dilihat pada tabel III.2 sebagai berikut:

**Tabel III. 2** Hubungan LHR dan Volume Jam Tersibuk

<b>Tipe kota dan jalan</b>	<b>Faktor persen K (K x LHR = VJP)</b>
Kota – kota > 1 juta penduduk	
• Jalan – jalan pada daerah komersial dan jalan arteri	7 – 8 %
• Jalan – jalan pada daerah pemukiman	8 – 9 %
Kota – kota < 1 juta penduduk	
• Jalan – jalan pada daerah komersial dan jalan arteri	8 – 10 %
• Jalan – jalan pada daerah pemukiman	9 – 12 %

*Sumber: MKJI 1997*

### 3.6 Teori Perhitungan Persimpangan Bersinyal

Ada beberapa kinerja persimpangan bersinyal antara lain kapasitas, derajat kejenuhan, jumlah antrian, dan laju henti. Berikut ini akan di berikan teori penghitungan simpang bersinyal dengan metode Manual Kapasitas Jalan 1997.

#### 1. Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali tetap dilakukan berdasarkan metoda Webster (MKJI, 1997) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama menentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g).

#### 2. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Volume lalu lintas mempengaruhi panjang waktu siklus pada fixed time operation. Panjang waktu siklus akan mempengaruhi tundaan kendaraan rata-rata yang melewati simpang.

$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (\text{Rumus 2})$$

Sumber: MKJI 1977

Keterangan:

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

IFR = Rasio arus simpang  $\Sigma FR_{crit}$

**Tabel III. 3** Pengaturan waktu siklus

<b>Tipe pengaturan</b>	<b>Waktu Siklus Yang Layak (detik)</b>
Pengaturan dua fase	40 - 80
Pengaturan tiga fase	50 - 100
Pengaturan empat fase	80 - 150

Sumber: MKJI 1997

#### 3. Waktu Hijau

Pada umumnya pembagian waktu hijau pada kinerja suatu simpang bersinyal lebih peka terhadap kesalahan daripada panjangnya waktu siklus.

$$g = (cua - LTI) \times PRi$$

(Rumus 3)

Sumber: MKJI 1977

Keterangan:

- g = Waktu hijau (detik)
- Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian
- LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)
- PRi = Rasio fase  $FR_{crit}/\Sigma FR_{crit}$

a. Waktu Siklus yang Disesuaikan

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

$$c = \Sigma g + LTI$$

Keterangan:

c = Waktu siklus yang disesuaikan (c)

4. Arus Jenuh

Besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi tertentu. Untuk penghitungan arus jenuh adalah dengan mengalikan semua faktor yang mempengaruhi dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$S = So \times Fcs \times Fsf \times Fg \times Fp \times Frt \times Flt$$

(Rumus 4)

Sumber: MKJI

Keterangan:

- S = arus jenuh
- So = arus jenuh dasar
- Fcs = faktor penyesuaian ukuran kabupaten
- Fsf = faktor penyesuaian hambatan samping
- Fg = faktor penyesuaian kelandaian
- Fp = faktor penyesuaian parkir
- Frt = faktor penyesuaian kendaraan belok kanan

Flt = faktor penyesuaian kendaraan belok kiri

a. So (Arus jenuh dasar)

Untuk menghitung nilai arus jenuh dasar dapat di tentukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$So = 600 \times We$$

(Rumus 5)

Sumber: MKJI

Keterangan

We = Lebar masuk suatu pendekat (m)

b. Fcs (Faktor penyesuaian ukuran kabupaten)

Faktor koreksi ukuran kabupaten apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang. Untuk faktor penyesuaian ukuran kabupaten pada penghitungan arus jenuh sama dengan faktor penyesuaian pada penghitungan kapasitas.

**Tabel III. 4** Faktor penyesuaian ukuran kota

<b>Penduduk Kota (Juta Jiwa)</b>	<b>Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)</b>
> 3,0	1,05
1,0 - 3,0	1,00
0,5 - 1,0	0,94
0,1 - 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber: MKJI

c. Untuk Fsf (Faktor penyesuaian hambatan samping)

Faktor koreksi penyesuaian gesekan samping apabila semakin besar akan mengurangi tundaan dan antrian pada sebuah simpang, dapat dilihat pada tabel III.5 berikut:

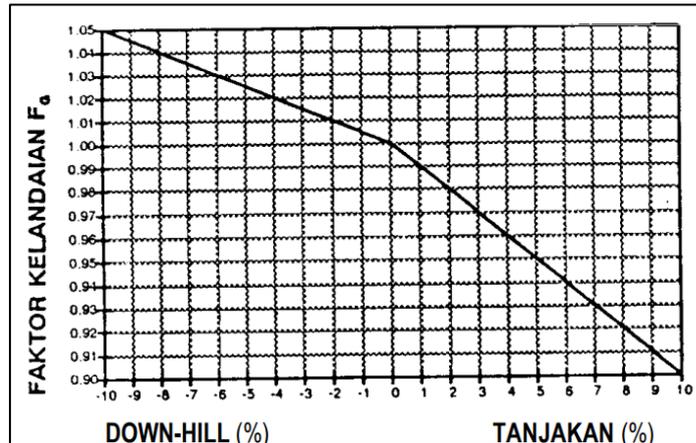
**Tabel III. 5** Faktor penyesuaian hambatan samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1	2	3	4					
Komersial (com)	Tinggi	Terlawan	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
	Tinggi	terlindung	0.93	0.91	0.88	0.87	0.85	0.81
	Sedang	Terlawan	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.71
	Sedang	terlindung	0.94	0.92	0.89	0.88	0.86	0.82
	Rendah	Terlawan	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.72
	Rendah	terlindung	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.83
Permukiman (res)	Tinggi	Terlawan	0.96	0.91	0.86	0.81	0.78	0.72
	Tinggi	terlindung	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.84
	Sedang	Terlawan	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.73
	Sedang	terlindung	0.97	0.95	0.93	0.90	0.87	0.85
	Rendah	Terlawan	0.98	0.93	0.88	0.83	0.80	0.74
	Rendah	terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86

Sumber: MKJI

d. Fg (Faktor penyesuaian kelandaian)

Faktor koreksi penyesuaian kelandaian apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang. Untuk menentukan faktor penyesuaian kelandaian digunakan gambar grafik berikut ini.



Sumber: MKJI 1997

**Gambar III. 6** Faktor penyesuaian untuk kelandaian

e. F<sub>p</sub> (Faktor penyesuaian parkir)

Faktor penyesuaian parkir dapat menggunakan gambar grafik sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang di parkir pertama. Faktor koreksi penyesuaian parkir apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang. Faktor penyesuaian parkir juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau:

$$F_p = \frac{[(L_p/3 - (w_a - 2)) \times (L_p / 3 - g)]}{w_a} / g \quad (\text{Rumus 6})$$

Sumber: MKJI 1997

Keterangan:

W<sub>a</sub> = Lebar pendekat

L<sub>p</sub> = Jarak antar garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama

g = Waktu hijau pada pendekat

f. F<sub>lt</sub> (Faktor penyesuaian belok kiri)

Ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri

$$F_{lt} = 1.0 - P_{lt} \times 0.16 \quad (\text{Rumus 7})$$

Sumber: MKJI 1997

Keterangan:

Plt = Rasio belok kiri

Pendekat-pendekat terlawan tipe O pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri. Faktor koreksi penyesuaian belok kiri apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

g. Frt (Faktor penyesuaian belok kanan)

Rasio kendaraan belok kanan (hanya untuk pendekat tipe p, tanpa median, jalan dua arah)

$$\mathbf{Frt = 1.0 + Prt \times 0.16}$$

(Rumus 8)

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

Prt = Rasio belok kanan

Maka untuk Frt 4 lengan sama dengan 1 karena Prt sama dengan 0, Faktor koreksi penyesuaian belok kanan apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

## 5. Rasio Arus

Untuk menghitung Rasio Arus (FR) masing – masing pendekat dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\mathbf{FR = Q/ S}$$

(Rumus 9)

$$\mathbf{C = (1,5 L + 5) / (1-IFR)}$$

(Rumus 10)

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

S = Nilai kapasitas desesuaikan (smp/jam)

C = Kapasitas

IFR = Rasio arus simpang  $\Sigma$ FRcrit

Beri tanda rasio arus kritis (Frcrit) (=tertinggi) pada masing-masing fase.

6. Rasio Arus Simpang (IFR)

Untuk menghitung rasio arus kritis (IFR) sebagai jumlah dari nilai – nilai FR yang dilingkari (=kritis) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\mathbf{IFR = E (FRcrit)} \quad \text{(Rumus 11)}$$

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

FRcrit = Rasio arus kritis

7. Rasio Fase (PR)

Untuk menghitung rasio fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FRcrit dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$\mathbf{PR = FRcrit / IFR} \quad \text{(Rumus 12)}$$

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

IFR = Rasio arus simpang

PR = Rasio fase

8. Waktu Siklus (c)

Menentukan besarnya waktu siklus yang diperlukan oleh suatu persimpangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\mathbf{C = (1,5 L + 5) / (1-IFR)} \quad \text{(Rumus 13)}$$

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

c = Waktu siklus

IFR = Rasio fase

9. Waktu Hijau (g)

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau daripada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecilpun dari rasio hijau

(g/c) yang ditentukan menghasilkan bertambah tingginya tundaan rata-rata pada simpang tersebut.

Untuk menghitung nilai waktu hijau dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\mathbf{PR = F_{crit}/IFR}$$

$$\mathbf{g_i = (c - L) \times PR}$$

(Rumus 14)

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

g<sub>i</sub> = Waktu hijau efektif untuk fase

F<sub>crit</sub> = Rasio arus kritis

IFR = Rasio arus simpang

PR = Rasio fase

#### 10. Kapasitas (C)

Perhitungan kapasitas pada masing-masing pendekat digunakan rumus sebagai berikut:

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

(Rumus 15)

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

C = Kapasitas

S = Nilai kapasitas disesuaikan

g = Waktu hijau

c = Waktu siklus

#### 11. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan merupakan rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\mathbf{DS = Q_{total}/C}$$

(Rumus 16)

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

Q = Arus lalu lintas

C = Kapasitas

## 12. Jumlah Antrian (NQ)

Hasil perhitungan derajat kejenuhan digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk derajat kejenuhan,  $DS > 0,5$  maka penghitungan jumlah antrian menggunakan rumus berikut ini:

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

(Rumus 17)

*Sumber: MKJI 1997*

Sedangkan untuk nilai  $DS \leq 0,5$   $NQ1 = 0$

Keterangan:

NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas

Untuk menentukan jumlah antrian yang datang selama fase merah digunakan rumus sebagai berikut ini:

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

(Rumus 18)

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah

GR = Rasio hijau (g/C)

Untuk mendapatkan berapa jumlah antrian total yaitu dihitung dengan cara menjumlahkan jumlah antrian yang pertama dengan jumlah antrian yang kedua.

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

(Rumus 19)

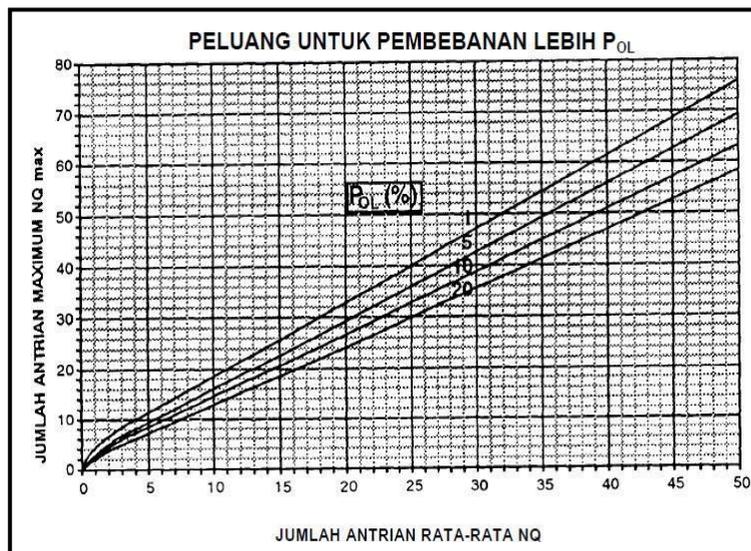
*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

Gunakan gambar III.5, untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih POL(%), dan masukkan hasil nilai NQMAX. Untuk perancangan dan perencanaan disarankan POL < 5 %, untuk operasi suatu nilai POL = 5 - 10 % mungkin dapat diterima.



Sumber: MKJI 1997

**Gambar III. 7** Perhitungan jumlah antrian (NQMAX) dalam smp

### 13. Panjang Antrian (QL)

Panjang antrian di hitung dengan mengalikan NQ maks dengan luas rata – rata yang dipergunakan per smp. Luas rata-rata yang digunakan adalah 20 m<sup>2</sup>. Rumus yang digunakan untuk menghitung panjang antrian adalah sebagai berikut:

$$QL = \frac{(NQ \text{ Max} \times 20)}{We} \quad (\text{Rumus 20})$$

Sumber: MKJI 1997

Keterangan:

We = Lebar pendekat (m)

NQ Max = Jumlah antrian (smp)

Menurut MKJI 1997, NQ maks dapat dicari dengan menggunakan grafik *probability over loading* (Pol) / peluang pembebanan lebih.

#### 14. Laju Henti (NS)

Laju henti masing-masing pendekatan dapat definisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\mathbf{NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600} \quad \text{(Rumus 21)}$$

*Sumber: MKJI 1997*

Keterangan:

NS = Laju henti (stop/smp)

NQ = Jumlah antrian (smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Waktu siklus (detik)

Setelah menghitung laju henti, untuk menghitung jumlah kendaraan terhenti (Nsv) masing-masing pendekatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$\mathbf{Nsv = Q \times NS} \quad \text{(Rumus 22)}$$

*Sumber: MKJI 1997*

Nsv = Jumlah kendaraan terhenti (smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Laju henti (stop/smp)

#### 15. Tundaan (D)

Setiap pendekatan tundaan lalu lintas rata-rata ditimbulkan akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang. Untuk menghitung tundaan lalu lintas rata-rata dapat di hitung dengan menggunakan rumus rumus berikut ini:

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

Sumber: MKJI 1997

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

(Rumus 23)

Keterangan:

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

c = Waktu siklus (detik)

GR = Rasio hijau

DS = Derajat kejenuhan

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = Kapasitas (smp/jam)

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

Nilai tundaan geometrik pada masing-masing kaki simpang di hitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DG = (1 - Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4) \quad \text{(Rumus 24)}$$

Sumber: MKJI 1997

Keterangan:

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

Psv = Rasio kendaraan terhenti = Min (NS, 1)

Pt = Rasio kendaraan berbelok (smp/jam)

Nilai tundaan rata-rata dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = DT + DG \quad \text{(Rumus 25)}$$

Sumber: MKJI 1997

Keterangan:

D = Tundaan

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

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

Tundaan rata-rata pada tiap-tiap kaki simpang di hitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$D_i = \frac{\sum(Q \times D)}{Q \text{ total}} \quad (\text{Rumus 26})$$

Sumber: MKJI 1997

### 3.7 Standarisasi Nilai Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Penyesuaian kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang (Smp) terdapat pada tabel III.6 berikut ini.

**Tabel III. 6** Penyesuaian SMP kendaraan pada persimpangan

<b>Tipe Kendaraan</b>	<b>Pendekat Terlindung</b>	<b>Pendekat Terlawan</b>
Sepeda Motor	0,2	0,4
Kendaraan Ringan	1	1
Kendaraan Berat	1,3	1,3
Kendaraan Tidak Bermotor	0,5	1

Sumber: MKJI 1997

### 3.8 Tingkat Pelayanan Simpang

Tingkat pelayanan pada suatu simpang merupakan ukuran kualitas suatu ruas jalan yang tersedia untuk dilalui lalu lintas. Menurut Warpani (2002) tingkat pelayanan adalah ukuran kecepatan kendaraan dalam kaitannya dengan kondisi dan kapasitas jalan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas, disebutkan bahwa tingkat pelayanan pada simpang digunakan untuk memperhitungkan faktor tundaan dan kapasitas simpang. Berikut merupakan tabel dari tingkat pelayanan simpang.

**Tabel III. 7** Tingkat pelayanan simpang berdasarkan tundaan

<b>Tingkat Pelayanan</b>	<b>Tundaan (det/smp)</b>
A	< 5
B	5–15
C	15-25
D	25-40
E	40-60
F	> 60

*Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015*

### **3.9 Keaslian Penelitian**

Keaslian penelitian merupakan penjelasan yang menunjukkan bahwa masalah penelitian yang diteliti belum pernah dipecahkan oleh peneliti sebelumnya. Pencarian penelitian berjudul Optimalisasi Kinerja Lalu Lintas Simpang Bersinyal Sumarwi di Kabupaten Gunungkidul melalui penelusuran manapun tidak ditemukan, artinya belum pernah ada penulis yang mengambil judul penelitian tersebut.

Berikut merupakan tabel keaslian penelitian. Dari beberapa penelitian yang dicantumkan pada tabel berikut ini, penelitian Optimalisasi Kinerja Lalu Lintas Simpang sudah pernah dilakukan di beberapa daerah namun berbeda dalam wilayah penelitian. tidak ada satupun judul yang persis sama dengan judul yang diajukan dalam penelitian ini. Apabila diluar sepengetahuan peneliti terdapat topik yang sama sekalipun, pasti hal itu berbeda dengan judul penelitian ini.

**Tabel III. 8** Tabel keaslian penelitian

<b>No</b>	<b>Penulis</b>	<b>Judul</b>	<b>Analisis</b>
1	Putra, R. A. E., & Ramanda, F. (2018)	Optimasi green time simpang bersinyal dengan menggunakan PTV VISSIM dalam meningkatkan kinerja simpang	Penelitian ini menentukan besar pengaruh optimasi green time pada simpang dengan menggunakan aplikasi PTV VISSIM.
2	Ratag, D. E., Kumaat, M. M., & Rompis, S. Y. (2022).	Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Perangkat Lunak PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Bersinyal Patung Kuda Paal 2)	Analisa data dilakukan dengan menggunakan pemodelan dari PTV Vissim melalui proses simulasi untuk mendapatkan hasil output.
3	Nurhidayah, A. A., & Wibisono, R. E. (2023).	Prediksi dan Penerapan Simulasi Menggunakan Software VISSIM Terhadap Kinerja Lalu Lintas untuk Menguraikan Kemacetan Simpang Bersinyal di Jl. Raya Manyar Kota Surabaya	Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu perhitungan kinerja simpang menggunakan MKJI (1997) dan disimulasikan menggunakan software VISSIM.
4	Yusuf, M. (2021).	Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Jaringan Jalan Di Kabupaten Gowa Menggunakan Software Vissim = The Performance Analysis Of A Signed Intersection On Road Network In Gowa Regency Using The Vissim Software	Penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan mikro simulasi lalu lintas menggunakan piranti VISSIM, yang selanjutnya dibandingkan dengan menggunakan model Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 dan PKJI 2014.
5	Said, L. B., St Maryam, H., & Irmalia, A. I. (2022).	Simulasi Optimalisasi Pembebanan Lalu Lintas pada Rencana Pengoperasian Middle Ring Road dengan Menggunakan Aplikasi Vissim	Penelitian ini menggunakan lima Makrosimulasi yang diterapkan di Software Vissim.

<b>No</b>	<b>Penulis</b>	<b>Judul</b>	<b>Analisis</b>
6	Julianto, E. N. (2012).	Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Bangkong Kota Semarang	Analisis ini meliputi: arus jenuh dasar, arus lalu lintas, waktu siklus, waktu hijau, kapasitas, derajat kejenuhan dan perilaku lalu lintas.
7	Handayasari, I., Rokhman, A., & Halusman, S. (2020).	Optimalisasi Kinerja Simpang Apill Puri Kembangan Berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014	Penelitian ini menggunakan perhitungan Simpang berdasarkan pendekatan PKJI 2014
8	Kurniati, N. L. W. R. (2016).	Optimalisasi Kinerja Simpang Pasar Pagi Arenka Di Kota Pekanbaru	Penelitian ini menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI-1997).
9	Saudi, A. I. (2020).	Optimalisasi Kinerja Simpang Bersinyal Kawasan Pertokoan Majene	Penelitian ini menganalisis kondisi eksisting simpang bersinyal dan alternatif penanganan berdasarkan pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997.
10	Ulfah, F. D., & Purwanti, O. (2019).	Analisis Kinerja Persimpangan Jalan Laswi dengan Jalan Gatot Subroto, Kota Bandung Menggunakan PTV VISSIM 9.0	Peneletian ini menganalisis kinerja persimpangan eksisting.