BAB III
KAJIAN PUSTAKA

3.1 Aspek Legalitas

3.1.1. Manajemen Rekayasa Lalu Lintas

Berdasarkan Undang – Undang No. 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan Angkutan Jalan pasal 3 menyebutkan bahwa "Lalu lintas dan Angkutan Jalan diselenggarakan dengan tujuan terwujudnya pelayanan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan yang aman, selamat, tertib, lancar, dan terpadu dengan moda angkutan lain untuk mendorong perekonomian nasional, memajukan kesejahteraan umum, memperkukuh persatuan dan kesatuan bangsa, serta mampu menjunjung tinggi martabat bangsa, serta terwujudnya etika berlalu lintas dan budaya bangsa dan terwujudnya penegakan hukum dan kepastian hukum bagi masyarakat.

Berdasarkan Undang – Undang No. 22 Tahun 2009 pasal 93 disebutkan bahwa 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. Selanjutnya pada Pasal 94 tentang kegiatan perekayasaan dalam manajemen dan rekayasa lalu lintas yaitu perbaikan geometrik ruas Jalan dan persimpangan serta perlengkapan Jalan yang tidak berkaitan langsung dengan pengguna jalan, serta pengadaan, pemasangan, perbaikan, dan pemeliharaan perlengkapan jalan yang berkaitan langsung dengan pengguna jalan dan optimalisasi operasional rekayasa lalu lintas dalam rangka meningkatkan ketertiban, kelancaran, dan efektivitas penegakan hukum.

Berdasarkan PP No. 32 Tahun 2011 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas menyebutkan 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.

3.1.1. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

Berdasarkan Undang – Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Pasal 1 Ayat (19) disebutkan 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.". Kemudian pada pasal 112 ayat (3) disebutkan bahwa "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.

Pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 49 Tahun 2014 Tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas menjelaskan 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. Pada peraturan ini di pasal 6 disebutkan bahwa Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas etrdiri atas tiga lampu dipergunakan untuk mengatur Kendaraan. Lampu tiga warna sebagaimana dimaksud terdiri dari lampu berwarna merah, kuning, dan hijau. Lampu berwarna merah untuk menyatakan kendaraan harus berhenti dan tidak boleh melewati marka melintang yang berfungsi sebagai garis henti. Lampu berwarna kuning untuk memberikan peringatan bagi pengemudi

yang terdiri dari lampu berwarna kuning yang menyala sesudah lampu berwarna hijau padam, menyatakan lampu berwarna merah akan segera menyala, kendaraan bersiap untuk berhenti lampu berwarna kuning yang menyala bersama dengan lampu berwarna merah, menyatakan lampu berwarna hijau akan segera menyala, kendaraan bersiap untuk bergerak. Lampu berwarna hijau menyatakan kendaraan berjalan.

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 49 Tahun 2014 Tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas Pasal 11 menyebutkan bahwa Pengaturan waktu siklus Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas terdiri atas:

a. Waktu siklus terkoordinasi, waktu siklus terkoordinasi berupa skema rencana siklus antar alat pemberi isyarat lalu lintas diatur oleh sistem yang terpusat.
b. Waktu siklus tidak terkoordinasi, waktu siklus tidak terkoordinasi berupa siklus tetap berupa rencana siklus yang tetap dan paling sedikit memiliki 8 (delapan) rencana siklus, siklus semi-adaptif berupa rencana siklus yang tetap dan paling sedikit memiliki 8 (delapan) rencana siklus, dan siklus adaptif paling sedikit memiliki 8 (delapan) rencana siklus serta rencana siklus yang bervariasi pada kaki simpang minor.

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 49 Tahun 2014 dijelaskan pengaturan waktu siklus alat pemberi isyarat lalu lintas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 17 dilakukan dengan mempertimbangkan aspek Makroskopis, meliputi:

a. Volume lalu lintas yang menuju kaki simpang;
b. Volume lalu lintas yang meninggalkan kaki simpang;
c. Kapasitas pendekat masing-masing kaki simpang bagi lalu lintas yang mendekati kaki simpang dan yang menjauhi kaki simpang;

d. Komposisi lalu lintas kendaraan dan Pejalan Kaki;
e. Variasi lalu lintas periodik dan insidentil;
f. Distribusi arah pergerakan lalu lintas;
g. Tundaaan dan antrian.

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 49 Tahun 2014 ini dijelaskan juga mengenai tata cara pemeliharaan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas dimana disebutkan dalam pasal 24 yaitu secara

a. Berkala

   Berkala dilakukan paling sedikit setiap 6 (enam) bulan. Pemeliharaan berkala sebagaimana dilakukan dengan mempertimbangkan aspek umur teknis masing-masing komponen, perkembangan teknologi dan inovasi bidang transportasi dan telematika, dan rencana pengaturan lalu lintas. Pemeliharaan berkala seperti menghilangkan benda di sekitar armatur yang dapat menghalangi dan/atau mengurangi intensitas pencahayaan, membersihkan komponen optis dari debu dan/ atau kotoran, menghilangkan tanda-tanda korosi pada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, dan pengecatan tiang penyangga untuk me1indungi dari korosi.

b. Insidentil

   Pemeliharaan insidentil seperti penggantian komponen baru Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas yang mengalami kerusakan mendadak, penyesuaian waktu siklus dengan situasi arus lal lintas aktual, danpenyesuaian letak komponen utama dan tambahan yang bergeser dari posisi awal pemasangan.

Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor SK.3262/KP.108/DRJD/2018 Tahun 2018 Tentang Pengaturan Lalu Lintas di Persimpangan Berdiri Sendiri dengan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas memiliki prinsip dasar dengan tujuan dari pemasangan APILL di persimpangan adalah untuk menyesuaikan arus lalu lintas dan perpotongan dengan apill merupakan perbaikan dari

persimpangan biasa (tanpa APILL), prioritas diberikan kepada lalu lintas di arah lain. APILL berfungsi untuk standarisasi penggunaan ruang simpang, meningkatkan keteraturan arus lalu lintas, meningkatkan kapasitas lalu lintas simpang, dan mengurangi kecelakaan vertikal. Jenis APILL dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Lampu tiga warna mengontrol kendaraan. Susunan lampu tiga warna adalah merah, kuning, dan hijau.
b. Lampu dua war32 na digunakan untuk mengatur kendaraan dan/atau pejalan kaki. Lampu dua warna diatur dalam lampu merah dan hijau; lampu satu warna memberikan peringatan bahaya kepada pengguna jalan. Lampu indikator berwarna kuning atau merah.

Untuk lalu lintas belok kiri di persimpangan, terlepas dari kontrol APILL atau tidak, pada prinsipnya lalu lintas belok kiri langsung diperbolehkan Jika lalu lintas belok kiri mengganggu lalu lintas yang terus-menerus, anda dapat memasang lampu filter atau sinyal perintah belok kiri ikuti lampu sinyal.

3.1.2. Tingkat Pelayanan Simpang

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen Dan Rekayasa Lalu Lintas menyebutkan bahwa:

1. Tingkat pelyanan pada persimpangan
    a. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan;
    b. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan;
    c. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 15 detik sampai 25 detik perkendaraan;
    d. Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan;

e. Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan lebih dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan;
f. Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan lebih dari 60 detik perkendaraan.

2. Penetapan tingkat pelayanan pada persimpangan

Tingkat pelayanan yang diinginkan ruas jalan pada sistem jaringan jalan sekunder sesuai fungsinya meliputi:

a. Jalan arteri sekunder, tingkat pelayanan sekurang – kurangnya C;
b. Jalan kolektor sekunder, tingkat pelayanan sekurang – kurangnya C;
c. Jalan lokal sekunder, tingkat pelayanan sekurang – kurangnya;
d. Jalan lingkungan, tingkat pelayanan sekurang kurangnya D.

3.1.3. Rambu

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Llalu Lintas pada pasal 1 menyebutkan bahwa " Rambu Lalu Lintas adalah bagian perlengkapan jalan yang berupa lambang, huruf, angka, kalimat, atau perpaduan yang berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah, dan atau petunjuk bagi pengguna jalan." Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas Menyebutkan Bahwa Rambu peringatan pengaturan lalu lintas terdiri atas rambu:

a. peringatan pengaturan persinyalan
b. peringatan persimpangan prioritas
c. peringatan konstruksi pemisah jalur lalu lintas.

Pada simpang juga diperlukan rambu petunjuk dimana pada pm ini pasal 19 disebutkan bahwa "Rambu pendahulu petunjuk jurusan pada persimpangan di depan" selain itu pada simpang juga diperlukan rambu larangan. Pada simpang Brigjen Ngurah Rai -

Kesumayudha didapatkan kendaraan motor yang parkir karna tidak adanya rambu larangan parkir. Menurut UU No. 22 tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan dijelaskan bahwa parkir adalah keadaan kendaraan berhenti atau tidak bergerak untuk beberapa saat dan ditinggalkan pengemudinya. Menurut UU No. 22 tahun 2009 pasal 43 ayat (3) berbunyi "Fasilitas parkir di dalam ruang milik jalan hanya dapat diselenggarakan pada jalan kabupaten, jalan desa, atau jalan kota". Untuk penyediaan fasilitas parkir untuk umum di luar ruang milik jalan harus sesuai izin yang diberikan seperti dijelaskan pada UU No. 22 tahun 2009 pasal 43 ayat (1). Sehingga pada simpang Brigjen Ngurah Rai- Kesumayudha diperlukan pengaturan lalu lintas dengan rambu. Berdasarkan keputusan direktur jendral perhubungan darat nomor: 272/HK.105/DRJD/96 tentang pedoman teknik penyelenggaraan fasilitas parkir dimana dalam keputusan ini larangan parkir sepanjang 2 meter sebelum dan sesudah persimpangan.

3.1.4. Fasilitas Pejalan Kaki

Menurut SE Menteri PUPR No.02/SE/M/2018 tentang Perencanaan Teknis Fasilitas Pejalan Kaki "Fasilitas pejalan kaki adalah fasilitas pada ruang milik jalan yang disediakan untuk pejalan kaki, antara lain dapat berupa trotoar, penyebrangan jalan diatas jalan(jembatan), pada permukaan jalan dan di bawah jalan (terowongan)" kemudian "Trotoar adalah jalur pejalan kaki yang sejajar dan bersebelahan dengan jalur lalu lintas yang diperkeras dengan konstruksi perkerasan."

3.2 Aspek Teoritis

3.2.1. Persimpangan

Persimpangan merupakan daerah pertemuan dua atau lebih ruas jalan, bergabung, berpotongan atau bersilang. Persimpangan juga dapat disebut sebagai pertemuan antara dua jalan atau lebih, baik sebidang maupun tidak sebidang atau titik jaringan jalan dimana jalan-

jalan bertemu dan lintasan jalan saling berpotongan (Morlok 1988). Persimpangan jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekat dimana arus kendaraan dari beberapa pendekat tersebut bertemu dan memencar meninggalkan persimpangan. Pendekat yang di jelaskan ini yakni ruas jalan. (Hobbs 1995) Baik buruknya kinerja ruas jalan dari suatu sistem jaringan jalan tidak lepas dari pengaruh kinerja persimpangan, jika kinerja persimpangannya sangat rendah maka kinerja seluruh sistem jaringan jalan tersebut akan menjadi rendah pula (Tamin 2000). Pemberian sinyal lalu lintas menggunakan APILL merupakan metode paling efektif untuk mengantisipasi kepadatan lalu lintas pada simpang (Galfi 2012).

Persimpangan adalah titik pertemuan atau percabangan jalan dengan kondisi sebidang ataupun tidak sebidang jalan, persimpangan adalah bagian dari sistem jaringan jalan. Persimpangan memiliki peran untuk menentukan waktu perjalanan dan kapasitas pada suatu jaringan jalan. Penataan dan pengaturan suatu persimpangan harus dilakukan agar tidak terjadi kemacetan. Konflik arus lalu lintas terjadi pada saat bertemunya suatu simpul dalam jaringan transportasi dimana dua atau lebih ruas jalan. Konflik tersebut dapat dikendalikaan dengan aturan lalu lintas untuk menetapkan hak untuk menggunakan persimpangan. Persimpangan dapat digunakan semua orang yang ingin menggunakannnya, persimpangan harus dirancang dengan cermat serta mempertimbangkan aspek efesiensi, keselamatan, kecepetan, kapasitas, dan biaya operasi. Salah satu sumber konflik lalu lintas yang rawan kecelakaan adalah persimpangan. Hal ini terjadi akibat konflik antara kendaraan dengan pejalan kaki atau kendaraan dengan kendaraan lain. Sehingga aspek penting dari pengkontrolan lalu lintas adalah persimpangan.

Jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

1. Simpang tak bersinyal (*unsignalized intersection*), artinya, persimpangan yang tidak menggunakan lampu lalu lintas. Di persimpangan ini, pengguna jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati persimpangan atau harus berhenti sebelum melintasi persimpangan.
2. Simpang bersinyal (*signalized intersection*), artinya, pengguna jalan dapat melewati simpang tersebut sesuai dengan pengoperasian lampu lalu lintas. Oleh karena itu, pengguna jalan hanya bisa lewat saat lampu lalu lintas di persimpangan itu berwarna hijau. APILL (Alat Persinyalan Lalu Lintas) digunakan untuk menjaga kapasitas lalu lintas simpang pada jam sibuk dan mengurangi kecelakaan akibat tabrakan antar pengguna jalan yang berlawanan arah. Untuk memenuhi persyaratan keselamatan, lampu sinyal harus dilengkapi dengan:
    a. Lampu hijau (g) berfungsi sebagai tanda yang memungkinkan kendaraan melewati persimpangan.
    b. Lampu kuning (amber) mengingatkan arus yang sedang bergerak bahwa fase telah berakhir.
    c. Lampu merah (all red) Waktu sinyal lampu merah Lampu merah menyala, kendaraan dilarang berjalan di simpang APILL. (Morlok 1988).

Karakteristik utama dari transportasi jalan ialah bahwa setiap pengemudi bebas untuk memilih rutenya sendiri di dalam jaringan transportasi yang ada, dan karena itu perlu disediakan persimpangan-persimpangan untuk menjamin aman dan efisiennya arus lalu lintas yang hendak pindah dari satu ruas ke ruas jalan lainnya. Simpang adalah suatu daerah umum dimana dua ruas jalan atau lebih bergabung atau berpotongan, termasuk fasilitas yang ada di sekitar jalan untuk pergerakan lalu lintas dalam daerah tersebut. Simpang merupakan bagian terpenting dari jalan perkotaan sebab sebagian besar efisiensi keamanan, kecepatan, biaya operasional, dan kapasitas

lalu lintas tergantung pada perencanaan simpang (Basuki and Susanto 2015).

Perencanaan simpang memiliki tujuan utama adalah mengurangi konflik antara kendaraan tidak bermotor dan bermotor seperti sepeda. Perencanaan simpang juga harus melihat dalam aspek fasilitas dimana agar dapat memberikan kenyamanan, kemudahan, dan keselamatan pemakai jalan yang melewati atau melalui persimpangan.

3.2.2. Pergerakan Arus lalu Lintas di Persimpangan

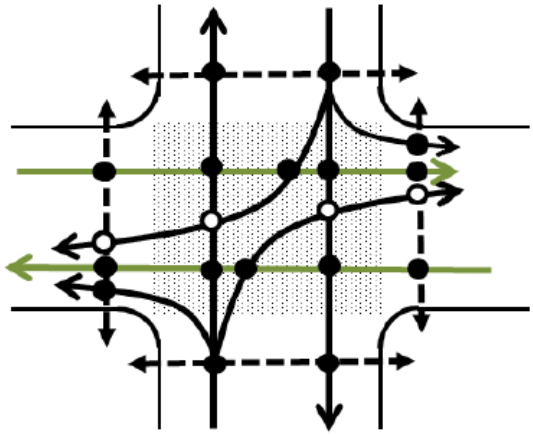
Ada 4 (empat) wujud jenis dasar gerakan lalu lintas dan manuver kendaraan dipersimpangan antara lain, Pemisahan, Penggabungan, Menyalip berpindah jalur serta Penyilangan.

1. Gerakan memisah yaitu Peristiwa berpencarnya atau berpisahnya kendaraan satu dengan yang lainnya yang melalui sebuah ruas jalan saat kendaraan itu mencapai titik persimpangan.
2. Gerakan penggabungan yaitu Peristiwa bergabungnya kendaraan satu dengan kendaraan lainnya yang bergerak pada persimpangan dari beberapa ruas jalan.
3. Gerakan persilangan yaitu Kejadian pergantian jalur arus kendaraan kearah pendekat lain, dimana gerakan itu adalah gabungan dari gerakan memisah (*diverging*) serta kemudian bergabung (*merging*) dari beberapa kendaraan.
4. Kegiatan perpotongan yaitu Kejadian pemotongan dari gerakan memotong arus kendaraan yang awalnya hanya satu jalur ke jalur yang lainnya yang bersilangan dipersimpangan, yang kemudian kondisi tersebut bisa menciptakan titik konflik dipersimpangan tersebut (Hobbs 1995).

3.2.3. Simpang Bersinyal (signalized intersection)

Berdasarkan Surat Edaran Direktorat Jendra Bina Marga Nomor 21 Tahun 2023 tentang Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia simpang bersinyal merupakan simpang yang di atur oleh sebuah alat yakni

dengan sebutan APILL. APILL digunakan untuk tujuan mempertahankan kapasitas persimpangan pada jam puncak dan mengurangi kecelakaan akibat tabrakan antar kendaraan dari arah yang berlawanan. Untuk memenuhi aspek keselamatan, selain lampu isyarat hijau dan merah, pengaturan APILL harus dilengkapi dengan lampu kuning dan isyarat lampu merah semua. Lampu kuning untuk memperingati arus yang sedang bergerak bahwa fase sudah berakhir dan lampu merah semua (*all red*) untuk menjamin agar kendaraan terakhir pada fase hijau yang baru berakhir memperoleh waktu yang cukup untuk keluar dari area konflik sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya memasuki area yang sama. APILL mengatur lalu lintas simpang dengan cara meminimalkan konflik, baik konflik primer maupun konflik sekunder dengan memisahkan waktu berjalannya arus. **Gambar II.9** menjelaskan tipikal konflik-konflik pada suatu simpang empat.



Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Gambar II. 9 Konflik Pada Simpang

(Dirgantara et al. 2019) yang mengutip dari buku (Oglesby dan Hick, 1982) menjelaskan Simpang bersinyal adalah simpang yang dikendalikan oleh sinyal lalu lintas. Sinyal lalu lintas adalah semua peralatan pengatur lalu lintas yang menggunakan tenaga listrik, rambu, dan marka jalan untuk mengarahkan atau memperingatkan

pengemudi kendaraan bermotor, pengendara sepeda, atau pejalan kaki. Dalam mengoptimalkan suatu simpang bersinyal diperlukan pengaturan lalu lintas yang melalui simpang tersebut. Tujuan utama pengaturan lalu lintas umumnya adalah untuk memberikan petunjuk-petunjuk yang terarah dan tidak menimbulkan keraguan. Pengaturan lalulintas di simpang dapat dicapai dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka dan rambu yang mengatur, mengarahkan dan memperhatikan lalu lintas. Pengaturan simpang dengan sinyal lalu lintas termasuk yang paling efektif terutama untuk volume lalu lintas pada kaki-kaki simpang yang relatif tinggi. Pengaturan ini dapat mengurangi atau menghilangkan titik konflik pada simpang dengan memisahkan pergerakan arus lalulintas pada waktu yang berbeda-beda (Ramadhika Dwi Poetra 2019).

3.3 Akspek Teknis

3.3.1 Arus Lalu Lintas

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023, arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan bermotor yang melalui suatu segmen jalan per jam, dengan satuan kendaraan per jam (kend/jam) atau satuan mobil penumpang per jam (SMP/jam). Arus lalu lintas yang masuk ke Simpang dari semua lengannya selama satu jam yang ditetapkan sebagai dasar perencanaan, biasanya diperoleh dari perkalian LHRT dengan faktor K, dinyatakan dalam satuan SMP/jam.

Tabel III. 1 Ekuivalensi mobil penumpang (EMP)

Jenis Kendaraan	**EMP untuk tipe pendekat**	
	Telindung	**Terlwan**
MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30
SM	0,151	0,40

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

3.3.2 Waktu Siklus Simpang

1. Waktu Siklus

   Waktu siklus adalah serangkaian tahap – tahap dimana semua pergerakan lalu lintas dilakukan yang berupa rangkaian nyala lampu, atau merupakan penjumlahan waktu dari keseluruhan tahapan. Waktu siklus biasanya beroperasi tergantung dengan kondisi lalu lintas dan geometri sependekat simpang.

   $$S = \frac{(1{,}5\ x\ WHH + 5)}{(1 - \Sigma \mathrm{Rq/J}\ kritis)}$$

   Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

   Rumus III. 1 Waktu Siklus

   Keterangan

   S = waktu siklus, dalam detik

   W_{HH} = Jumlah waktu hijau hilang per siklus, dalam detik

   $R_{q/j}$ = rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh, q/J

   $R_{q/J\ kritis}$ = nilai $R_{a/J}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama

   $\Sigma R_{q/J\ kritis}$ = rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $R_{q/J\ kritis}$dari semua fase ppada siklus tersebut

Tabel III. 2 Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe Pengaturan	S yang layak (detik)
Pengaturan dua fase	40-80
Pengaturan tiga fase	50-100
Pengaturan empat fase	80-130

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Tabel diatas merupakan waktu siklus berdasarkan jumlah fase yang diterapkan disuatu simpang. Waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari kecuali pada kasus sangat

khusus (simpang sangat besar), karena hal ini sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan.

2. Waktu Hijau

   Waktu hijau adalah waktu isyarat lampu hijau sebagai izin berjalan bagi kendaraan-kendaraan pada lengan Simpang APILL yang ditinjau, dalam detik. Dapat dihitung dengan rumus.

   $W_{Hi} = (S - W_{HH}) \times \frac{Rq/J\ kritis}{\Sigma i(Rq/J\ kritis)i}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 2 Waktu Hijau

Keterangan

W_{HI} = waktu hijau pada fase i, detik

I = indeks untuk fase ke i

3. Waktu Merah Semua

   Waktu merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang dari garis henti sampai ke titik konflik, dan panjang dari kendaraan yang berangkat.

   Merah Semua $= \frac{LKBR + PKBR}{VKBR} - \frac{LKDT}{VKDT}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

***R*umus III. 3** Waktu Merah Semua

Keterangan:

LKBR, LKDT, LPK	= jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat, kendaraan yang datang, dan pejalan kaki, dalam meter.
PKBR	= panjang kendaraan yang berangkat, dalam meter.
vKBR, vKDT, vPK	= kecepatan untuk masing-masing kendaraan berangkat, kendaraan datang, dan pejalan kaki, dalam m/det.

Rumus diatas menunjukkan kejadian dengan titik-titik konflik kritis yang diberi tanda bagi kendaraan-kendaraan maupun para pejalan kaki yang memotong jalan. Nilai-nilai vKBR, vKDT, dan PKBR tergantung dari kondisi lokasi setempat. Nilai-nilai berikut ini dapat digunakan sebagai pilihan jika nilai baku tidak tersedia.

vKDT = 10 m/det (kendaraan bermotor)

vKBR = 10 m/det (kendaraan bermotor)
3 m/det (kendaraan tidak bermotor misalnya sepeda) 1,2 m/det (pejalan kaki)

PKBR = 5 m (MP atau KS)
2 m (SM atau KTB)

4. Waktu Antar Hijau

Waktu antar hijau adalah periode waktu kuning ditambah waktu merah semua antara 2 (dua) fase isyarat yang berurutan, dalam detik.

Tabel III. 3 waktu normal antar hijau

Ukuran Simpang	**Lebar Jalan Rata -Rata**	**Nilai Normal W_{AH} (detik/fase)**
Kecil	6 sampai kurang dari 10	4
Sedang	10 sampai kurang dari 15	5
Besar	Lebih dari atau sama dengan 15	≥6

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Apabila periode W_{MS} untuk masing masing akhir fase telah ditetapkan, maka waktu hijau hilang total (W_{HH}) untuk simpang APILL untuk setiap siklus dapat dihiting sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau Menggunakan rumus dibawah:

$W_{HH} = \Sigma_i (W_{MS} + w_K)$ i

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 4 waktu hijau hilang

Keterangan:

W_{MS} = waktu merah semua, dalam detik.

W_K = waktu kuning, dalam detik.

3.3.3 Penentuan Arus Simpang

Arus jenuh (J, SMP/jam) adalah hasil perkalian antara arus jenuh dasar (J0) dengan faktorfaktor koreksi untuk penyimpangan kondisi eksisting terhadap kondisi ideal. J0 adalah J pada kondisi arus lalu lintas dan geometri yang ideal, sehingga faktor-faktor koreksi untuk J0 adalah satu. J dapat dihitung menggunakan:

$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{Bki} \times F_{BKa}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 5 Arus Simpang

Keterangan:

F_{HS} = faktor koreksi J0 akibat hambatan samping lingkungan jalan

F_{UK} = faktor koreksi J0 terkait ukuran kota

F_G = faktor koreksi J0 akibat kelandaian memanjang pendekat

F_P = faktor koreksi J0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir

$Jo = 600 \times L_E$

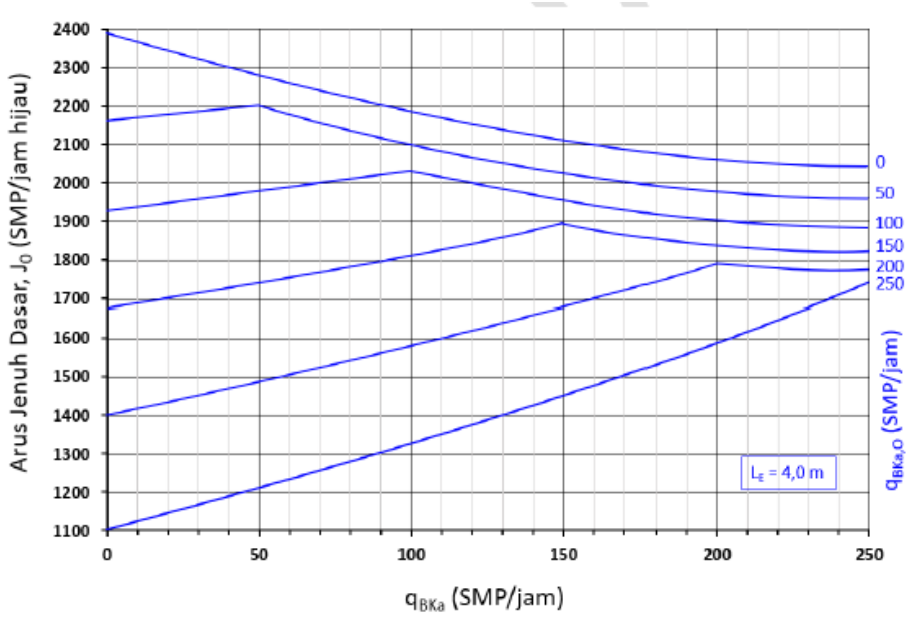
Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 6 Arus Simpang

Keterangan:

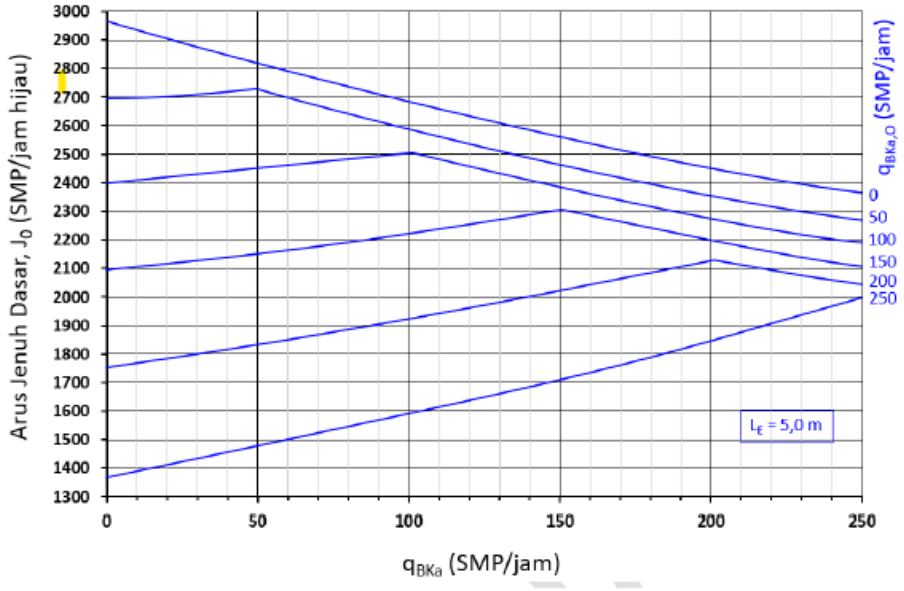
L_E = Lebar Efektif

Untuk tipe terlawan Le= 4,65 dan Le =4,30



Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Gambar III. 1 Grafik Lebar Efektif Tipe Terlawan Le=4



Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Gambar III. 2 Grafik Lebar Efektif Tipe Terlawan Le=5

3.3.4 Faktor Koreksi

1. Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

Tabel III. 4 Faktor koreksi median pada jalan mayor, FM

Kondisi Simpang	Tipe median	Faktor koreksi, FM
Tidak ada median di jalan mayor	Tidak Ada	1,00
Ada median di jalan mayor dengan lebar <3 m	Median sempit	1,05
Ada median di jalan mayor dengan lebar ≥3 m	Median lebar	1,20

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

2. Faktor Koreksi Ukuran Kota

Tabel III. 5 Faktor koreksi ukuran kota (FUK)

Ukuran Kota	Populasi Penduduk, juta jiwa	F_{UK}
Sangat Kecil	<0,1	0,82
Kecil	0,1-0,5	0,88
Sedang	0,5-1,0	0,94
Besar	1,0-3,0	1,00
Sangat Besar	>3,0	1,05

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

3. Faktor Koreksi Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor

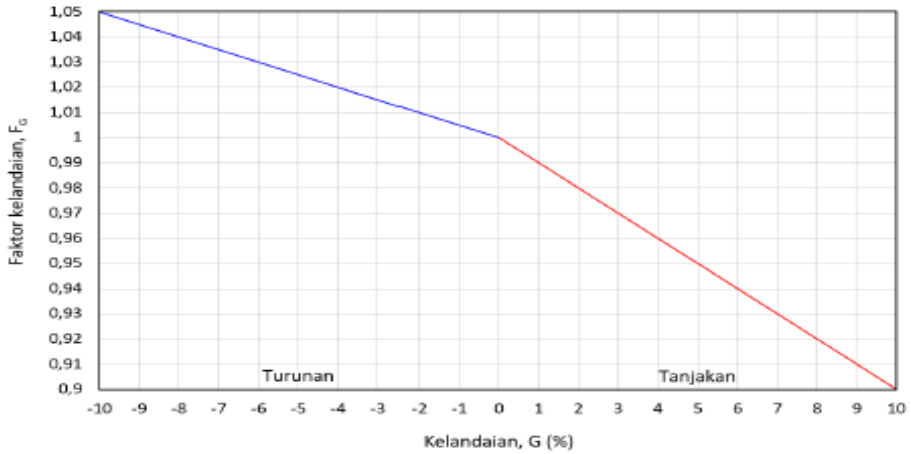
Tabel III. 6 Faktor Koreksi Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{HS})

Linkung anJalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Permukiman(RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/sedang/rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

4. Faktor Koreksi Kelandaian Jalur Pendekat (F_G)

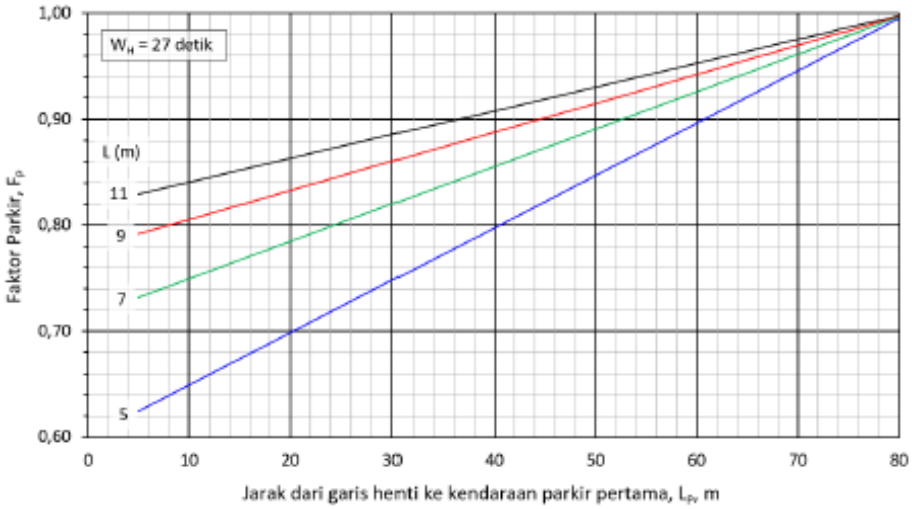
   Faktor koreksi kelandaian memanjang pendekat, jika menanjak ke arah Simpang APILL diberi tanda positif, dan jika menurun ke arah Simpang APILL diberi tanda negatif, dinyatakan dalam satuan %.



Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Gambar III. 3 Faktor Koreksi Kelandaian

5. Faktor Koreksi Untuk Pengaruh (F_P)



Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Gambar III. 4 Gambar Faktor Koreksi Untuk Pengaruh Parkir

$$Fp = \frac{\left(\frac{LP}{3} - \frac{(L-2)\,x\,(\frac{LP}{3}-WH)}{L}\right)}{WH}$$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 7 Faktor Koreksi Parkir

di mana:

Lp = jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama pada lajur belok kiri atau panjang dari lajur belok kiri yang pendek, dalam meter.

L = lebar pendekat, dalam meter.

wH = waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 27 detik).

FBKi = faktor koreksi J0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kiri

FBKa = faktor koreksi J0 akibat arus lalu lintas yang membelok ke kanan

6. Faktor Koreksi akibat lalu lintas belok kanan khusus untuk pendekat tipe P

   Faktor koreksi belok kanan (FBKa) dapat ditentukan menggunakan persamaan dibawah sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan RBKa atau dapat diperoleh nilainya dari Gambar 12-12. Perhitungan ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P, tanpa median, tipe jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

   $F_{Bka} = 1{,}0 + R_{Bka} \times 0{,}26$

   Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

   Rumus III. 8 Faktor Koreksi Belok Kanan

   $$RBKa = \frac{qBKa}{qTotal}$$

   Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

   Rumus III. 9 Rasio Arus Belok Kanan

   Catatan Pada jalan 2 (dua) arah tanpa median, kendaraan belok kanan dari arus berangkat terlindung pada pendekat tipe P, cenderung memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti ketika menyelesaikan belokannya. Hal ini menyebabkan peningkatan rasio belok kanan yang tinggi pada arus jenuh.

7. Faktor koreksi akibat arus lalu lintas belok kiri

Faktor koreksi belok kiri (FBKi) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri RBki. Perhitungan ini berlaku untuk pendekat tipe P tanpa BKiJT, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk dan dapat dihitung menggunakan persamaan rumus dan grafik.

$F_{BKi} = 1{,}0 - R_{BKi} \times 0{,}16$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 10 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

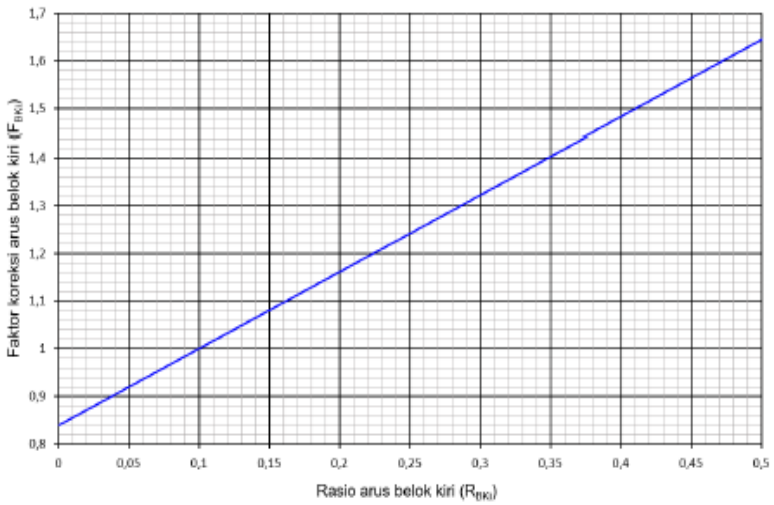
Keterangan: RBKi adalah rasio belok kiri.

$$RBK_i = \frac{qBKi}{qTotal}$$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 11 Rasio Belok Kiri

Catatan**:** Pada pendekat terlindung yang tidak diijinkan BKiJT, kendaraan-kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut. Karena arus berangkat dalam pendekat-pendekat terlawan (tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan koreksi untuk pengaruh rasio belok kiri.



Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Gambar III. 5 Faktor koreksi rasio arus belok kiri (FBKi)

Pada pendekat terlindung yang tidak diijinkan BKiJT, kendaraan-kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pada pendekat tersebut. Karena arus berangkat dalam pendekat-pendekat terlawan (tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan koreksi untuk pengaruh rasio belok kiri.

3.3.5 Kapasitas Jalan

Kapasitas adalah jumlah lalu lintas maksimum yang dapat ditampung oleh suatu pendekat dalam waktu tertentu.

$C = J \times \frac{WH}{s}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 12 Kapasitas Simpang

3.3.6 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DJ) adalah rasio antara arus lalu lintas terhadap kapasitas

$D_j = \frac{q}{C}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 13 Derajat Kejenuhan

Keterangan

DJ = derajat kejenuhan.

C = kapasitas segmen jalan, dalam SMP/jam.

Q = volume lalu lintas, dalam SMP/jam, yang dalam analisis kapasitas terdiri dari dua jenis, yaitu eksisting hasil perhitungan lalu lintas dan q_{JP} hasil prediksi atau hasil perancangan.

3.3.7 Perilaku Lalu Lintas

1. Panjang Antrian

   Jumlah rata-rata antrian kendaraan (SMP) pada awal isyarat lampu hijau (Nq) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti

(SMP) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (Nq1) ditambah jumlah kendaraan (SMP) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah (Nq2), diperkirakan/dihitung menggunakan

$N_q = N_{q1} + N_{q2}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 14 Jumlah Kendaraan Setelah Fase Hjau

Ketentuan

Jika DJ ≤0,5 maka Nq1 = 0

Jika DJ >0,5 maka $Nq1 = 0{,}25 \times s \times \{(DJ - 1) + \sqrt{(DJ - 1)2 + \frac{8 \times (DJ - 0{,}5)}{s}}\}$

$$Nq2 = s \frac{(1 - RH)}{(1 - RH \times DJ)} \times \frac{q}{3600}$$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 15 Antrian Selama Fase Merah

Panjang antrian (PA) diperoleh dari perkalian Nq (SMP) dengan luas area rata-rata yang digunakan oleh satu mobil penumpang (SMP) yaitu 20 m2, dibagi lebar masuk (m), sebagaimana

$$P_A = N_q \times \frac{20}{LM}$$

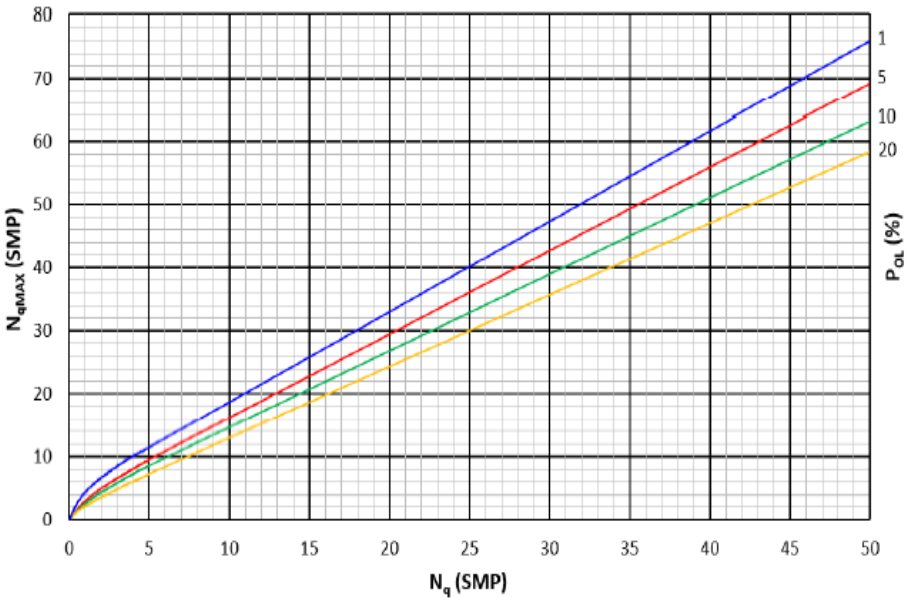
Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 16 Panjang Antrian

Keterangan:

L_M = Lebar Jalur Masuk

Jika diinginkan peluang untuk terjadinya *overloading* sebesar POL (%), maka tetapkan nilai NqMAX. Untuk perencanaan dan perencanaan disarankan POL≤5%. Untuk analisis operasional, nilai POL=5% s.d. 10% masih dapat diterima. NqMAX dilihat melalu grafik sebgai berikut:



Gambar III. 6 Jumlah Antrian Maksimum akibat overloading

2. Rasio kendaraan henti

   RHK yaitu rasio kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu Simpang APILL terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut,

   $R_{KH} = 0{,}9 \times \frac{Nq}{q\ x\ s}\ x\ 3600$

   Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

   Rumus III. 17 Rasio Kendaraan Berhenti

   Keterangan:

   Nq = jumlah rata-rata antrian kendaraan (SMP) pada awal isyarat hijau.

   s = waktu siklus, dalam detik.

   q = arus lalu lintas dari pendekat yang ditinjau, dalam SMP/jam.

Jumlah rata-rata kendaraan berhenti, NKH, adalah jumlah berhenti rata rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu Simpang APILL, dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$NKH = q \times RKH$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 18 Jumlah Rata Rata Kendaraan Henti

3. Tundaan

Tundaan (T) terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu tundaan lalu lintas (TLL) dan tundaan geometri (TG). TLL adalah tundaan yang disebabkan oleh interaksi antara kendaraan dalam arus lalu lintas. Bedakan TLL dari seluruh simpang, dari jalan mayor saja atau jalan minor saja. TG adalah tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan yang terganggu saat kendaraan kendaraan membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti. Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat i dihitung menggunakan.

$T_i = T_{LLi} + T_{Gi}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 19 Tundaan Rata-rata

TLL adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari semua arah, dapat dihitung menggunakan

$T_{LL=} S\ x \frac{0{,}5\ x\ (1-\mathrm{RH})^2}{(1-RH\ x\ Dj)} + \frac{Nq1\ x\ 3600}{c}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 20 Tundaan Lalu lintas

TG adalah tundaan geometri rata-rata seluruh simpang, dapat dihitung menggunakan

$T_G = (1\text{-}R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4)$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 21 Tundaan Geometri

Keterangan: PB adalah porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

Tundaan lalu lintas untuk jalan mayor (TLLma) adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor, dapat dihitung menggunakan persamaan

Untuk $D_J \leq 0{,}60$: $T_{LLma} = 1{,}8000 + 5{,}8234\ D_J - (1 - D_J)^{1{,}8}$

Untuk $D_J > 0{,}60$: $T_{LLma} = \frac{1{,}0503}{(0{,}3460 - 0{,}2460\ D_J)} - (1 - D_J)^{1{,}8}$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 22 Tundaan lalu lintas untuk jalan mayor

Tundaan lalu lintas untuk jalan minor (TLLmi) adalah tundaan lalu lintas rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan minor,

$$T_{Llmi} = \frac{qKB\ x\ TLL - qma\ x\ TLLma}{qmi}$$

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), 2023

Rumus III. 23 Tundaan lalu lintas untuk jalan minor

Keterangan:

qKB adalah arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang, dalam SMP/jam.

qma adalah arus kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor, dalam SMP/jam.

Menurut G.R. Wells tundaan digunakan untuk untuk mengetahui waktu tundaan di masing -masing simpang. Untuk memperoleh tundaan tetap pada suatu persimpangan dibutuhkan dua orang pengamat. Seorang pengamat menghitung semua kendaraan selama lima menit dengan mengklasifikasikan lalu lintas dalam berhenti (*stoppinping*) dan tidak berhenti (*not stopping*). Kemudian pengamat kedua, dalam interval 15 detik,

menghitung jumlah kendaraan yang menunggu sebelum persimpangan. Contoh perhitungannya:

Volume kendaraan mendekati persimpangan

Berhenti	Tidak berhenti
56	37

Jumlah 93

Kendaraan menunggu

Menit/Detik	00	15	30	45	
0	0	2	7	9	
1	4	0	0	3	
2	9	16	14	6	
3	1	4	9	13	
4	5	0	0	2	
Jumlah	19	22	30	33	= 104

Sumber: G.R. Wells, 1969

Gambar III. 7 Perhitungan Tundaan

Jumlah pertundaan = 104 kendaraan masing-masing 15 detik
= 1.560 detik

Pertundaan rata-rata kendaraan berhenti $= \frac{1.560}{56} = 27.8$ detik

Persentase kendaraan tertunda = 56/93 × 100 = 60.2

Sumber: G.R. Wells, 1969

Gambar III. 8 Perhitungan Tundaan

3.3.6 Jalur Pejalan Kaki

Fasilitas bagi pemakai jalan yang menyusuri Jalan adalah berupa trotoar di sisi kiri dan di sisi kanan jalan. Kebutuhan lebar trotoar dipengaruhi oleh jumlah pejalan kaki yang menyusuri di ruas jalan tersebut. Berikut ini merupakan rumus perhitungan kebutuhan lebar trotoar:

$$W = (\frac{V}{35}) + N$$

Sumber: SE Menteri PUPR No 02/SE/M2018

Rumus III. 24 Lebar Trotoar

Keterangan:

W : adalah lebar efektif minimum trotoar (m)

V : adalah volume pejalan kaki rencana/dua arah (orang/meter/menit)

N : adalah lebar tambahan sesuai dengan keadaaan setempat (meter), ditentukan dalam tabel

Tabel III. 7 Nilai N

N (Meter)	Keadaan
1,5	Jalan di daerah dengan bangkitan pejalan kaki tinggi*
1,0	Jalan di daerah dengan bangkitan pejalan kaki sedang**
0,5	Jalan di daerah dengan bangkitan pejalan kaki rendah***

Sumber: SE Menteri PUPR No 02/SE/M2018

Keterangan:

* arus pejalan kaki > 33 orang/menit/meter, atau dapat berupa daerah pasar atau terminal.

**arus pejalan kaki 16-33 orang/menit/meter, atau dapat berupa daerah perbelanjaan bukan pasar.

***arus pejalan kaki < 16 orang/menit/meter, atau dapat berupa daerah lainnya.