

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Persimpangan merupakan bagian penting dari sistem jaringan jalan, lancar tidaknya pergerakan dalam suatu jaringan jalan sangat ditentukan oleh pengaturan pergerakan di persimpangan, secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan arus lalu lintas dalam sistem jaringan jalan tersebut. Sehingga persimpangan dapat dikatakan sebagai bagian dari suatu jaringan jalan yang merupakan daerah penting atau kritis dalam melayani arus lalu lintas (Prasetyanto, 2013).

Persimpangan merupakan daerah dimana dua atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dua ruas jalan sampai persimpangan kompleks yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan (Prasetyanto, 2013).

Tingkat kelancaran lalu lintas dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Kondisi pergerakan pengguna jalan dan penggunaan lahan sekitar ruas jalan;
2. Kondisi persimpangan jalan;
3. Kondisi volume lalu lintas di persimpangan;
4. Kondisi trase jalan;
5. Kondisi kecepatan kendaraan;
6. Kondisi hambatan samping di sekitar persimpangan.

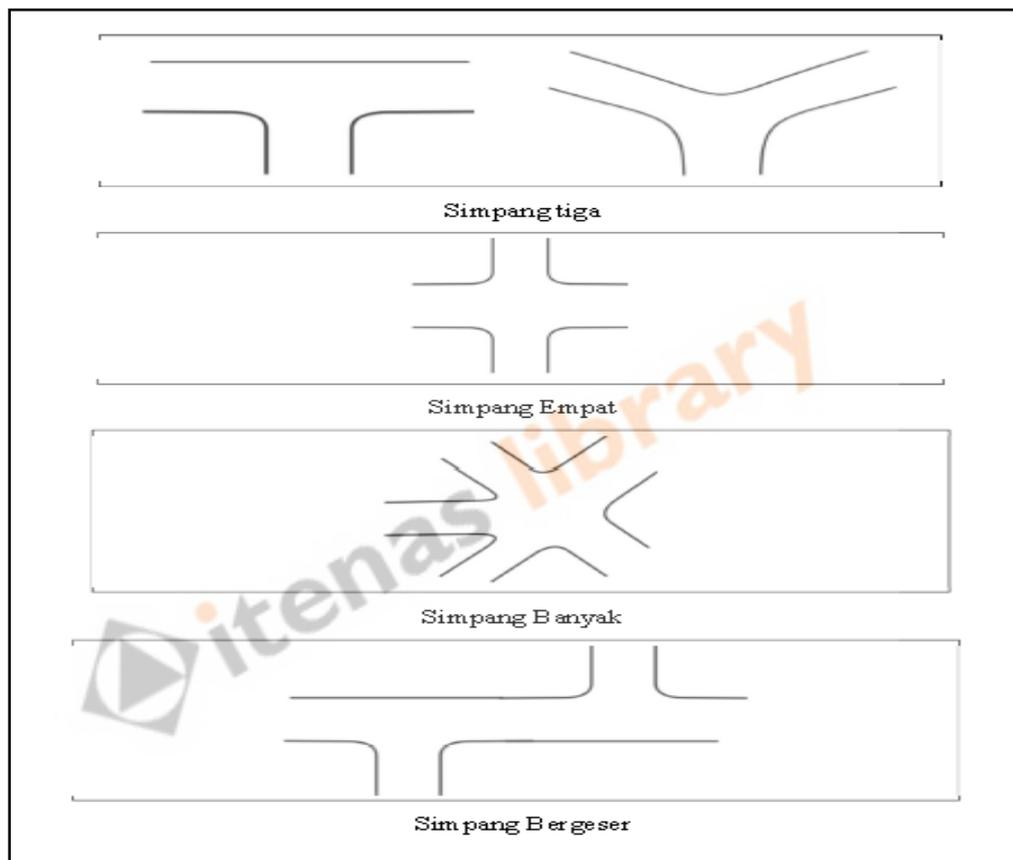
Terjadinya kemacetan di persimpangan biasanya terjadi konflik akibat beragam jenis pergerakan dan hambatan-hambatan yang terjadi disekitar persimpangan. Konflik di persimpangan biasanya terjadi antara kendaraan dengan kendaraan, kendaraan dengan pejalan kaki, dan kendaraan yang terhambat lajunya oleh hambatan samping yang terjadi di ruas jalan.

2.1 Persimpangan Sebidang (*Intersection*)

Persimpangan sebidang (*Intersection*) adalah persimpangan dimana ruas jalan bertemu pada suatu bidang. Persimpangan sebidang terdiri atas beberapa bentuk, yaitu:

- a. Simpang tiga
- b. Simpang empat
- c. Simpang banyak
- d. Simpang bergeser

Untuk lebih jelasnya maka bentuk-bentuk simpang tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



(Sumber: Prasetyanto, D, 2003)

Gambar 2.1 Bentuk - Bentuk Simpang Sebidang

2.1.1 Pergerakan Arus Lalu Lintas di Persimpangan

Pada persimpangan terdapat empat jenis pergerakan arus lalu lintas yang dapat menimbulkan konflik, yaitu:

1. Pemisahan (*Diverging*)

Gerakan berpencar atau berpisah dari kendaraan di persimpangan. Konflik dapat terjadi pada saat kendaraan melakukan pergantian jalur atau gerakan membelok.

2. Penggabungan (*Merging*)

Gerakan bergabungnya satu kendaraan terhadap kendaraan lain pada persimpangan.

3. Persilangan (*Crossing*)

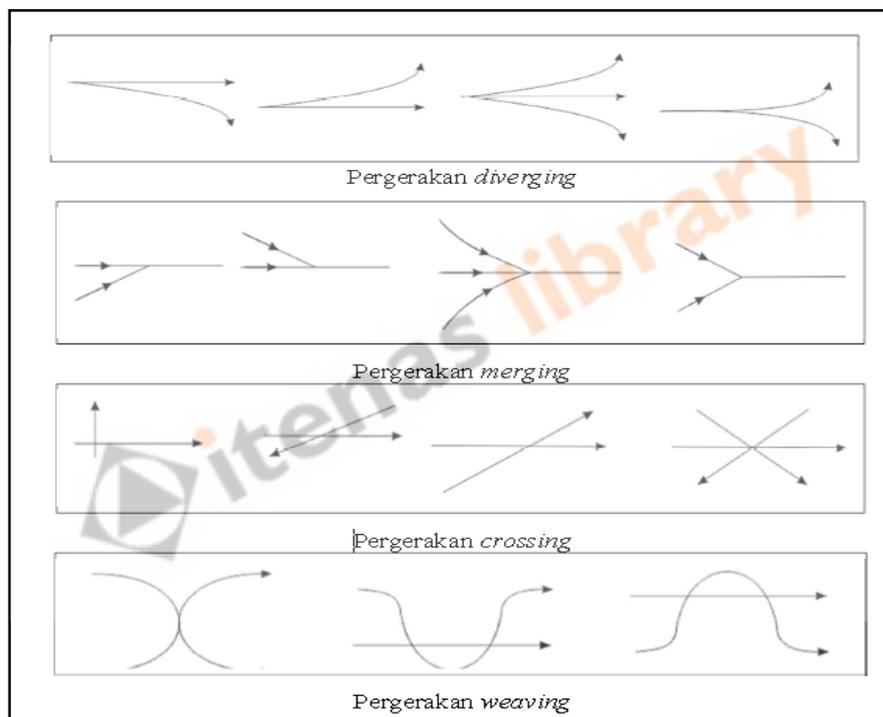
Gerakan kendaraan melakukan gerakan memotong terhadap kendaraan lain dari arah yang bersilangan pada persimpangan.

4. Jalinan (*Weaving*)

Gerakan memisah kemudian bergabung atau berpisah dari beberapa kendaraan.

Untuk lebih jelasnya maka bentuk-bentuk simpang tersebut dapat dilihat pada Gambar

2.2.



(Sumber: Prasetyanto, D, 2003)

Gambar 2.2 Bentuk – Bentuk Dasar Pergerakan di Persimpangan

2.1.2 Konflik di Persimpangan

Dengan adanya persimpangan pada suatu jaringan jalan, kendaraan bermotor, kendaraan tidak bermotor, dan pejalan kaki dapat bergerak dengan arah yang berbeda – beda namun pada waktu yang bersamaan. Dengan demikian maka akan muncul konflik di persimpangan akibat dari pergerakan – pergerakan tersebut. Menurut MKJI 1997 berdasarkan sifatnya maka konflik terbagi menjadi dua bagian, yaitu:

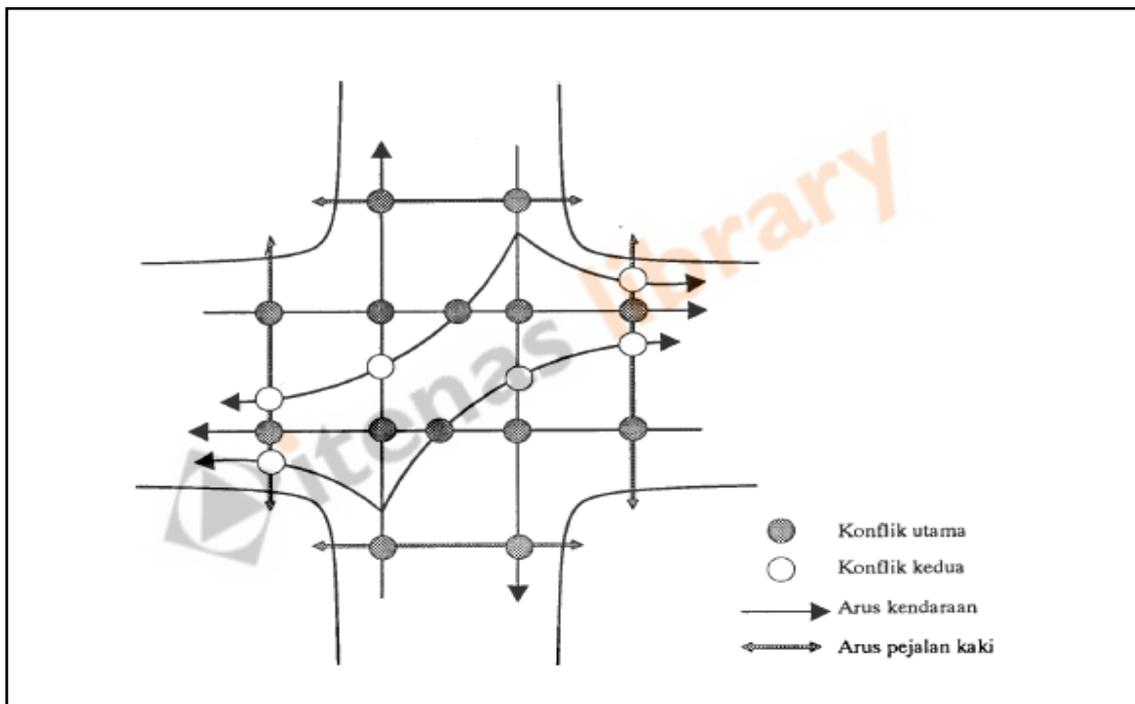
1. Konflik utama (*primary conflict*)

Konflik antara jalan dengan gerakan lalu lintas yang berjalan lurus dengan jalan – jalan lainnya yang berpotongan, termasuk konflik dengan pejalan kaki.

2. Konflik kedua (*secondary conflict*)

Konflik antara gerakan lalu lintas yang berbelok kanan dengan arus lalu lintas lurus melawan dan pejalan kaki, atau gerakan lalu lintas yang berbelok kiri dengan pejalan kaki.

Untuk lebih jelasnya maka bentuk-bentuk simpang tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.



(Sumber: MKJI 1997)

Gambar 2.3 Konflik Utama dan Kedua pada Simpang Bersinyal dengan Empat Lengan
 Apabila ditinjau lebih lanjut banyaknya titik konflik dari suatu persimpangan akan dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu:

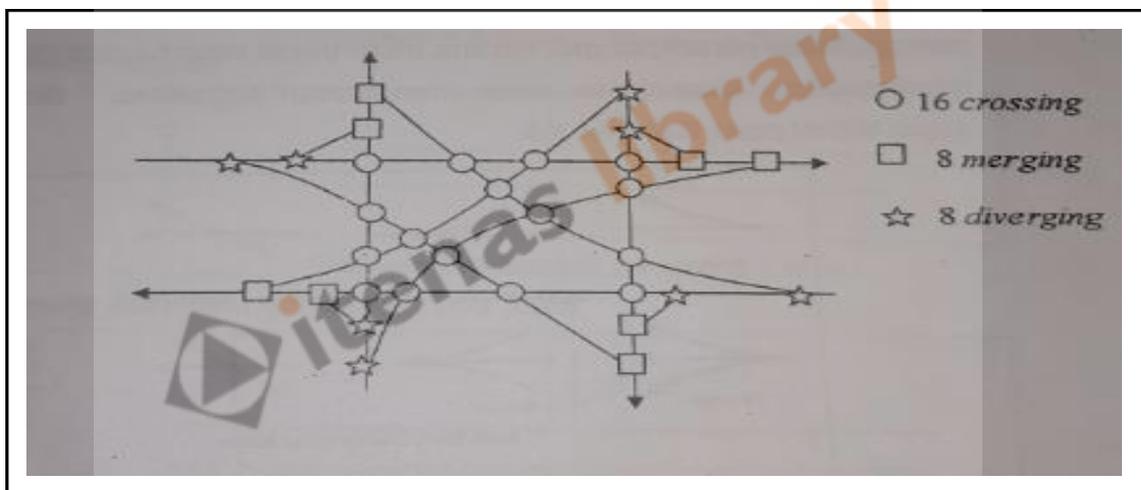
- a. Kondisi geometrik persimpangan
- b. Arah pergerakan lalu lintas
- c. Volume pergerakan lalu lintas

Didalam daerah persimpangan lintasan kendaraan dan pejalan kaki akan berpotongan sehingga membentuk titik – titik konflik, konflik ini akan menghambat pergerakan dan juga merupakan lokasi potensial untuk terjadinya tabrakan (kecelakaan).

Arus lalu lintas yang mengalami konflik pada suatu persimpangan memiliki tingkah laku yang kompleks, setiap gerakan arus lalu lintas lurus, belok kanan, atau belok kiri masing – masing akan menghadapi konflik – konflik yang berbeda. Ada pun titik konflik dan jenis manuvernya dapat dilihat pada Gambar 2.4.

Jumlah potensi konflik yang terjadi pada persimpangan bergantung pada:

- Jumlah kaki dipersimpangan
- Jumlah lajur dari kaki persimpangan
- Jenis pengaturan persimpangan
- Jumlah arah pergerakan



(Sumber: Prasetyanto, D, 2003)

Gambar 2.4 Titik – Titik Konflik pada Persimpangan 4 kaki

2.2 Simpang Tidak Bersinyal

Simpang tidak bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan yang dilihat dari beberapa kondisi antara lain, Kondisi Geometrik, Kondisi Lingkungan dan Kondisi lalu-lintas.

2.3 Jenis-jenis Pengaturan Pada Persimpangan Tidak Bersinyal

Dalam persimpangan tak bersinyal ada banyak pengaturan persimpangannya, salah satunya yaitu rambu. Menurut Wikipedia, Rambu lalu lintas adalah bagian dari

perlengkapan jalan yang memuat lambang, huruf, angka, kalimat dan atau perpaduan di antaranya, yang digunakan untuk memberikan peringatan, larangan, perintah dan petunjuk bagi pemakai jalan, ada banyak jenis rambu yang sering digunakan di Indonesia, dan diantaranya adalah:

a. Rambu *Yield*

Rambu *Yield* biasanya dipasang pada jalan arah minor pada simpang. Pengemudi yang melihat rambu ini diwajibkan untuk memperlambat laju kendaraannya dan baru boleh meneruskan perjalanannya bilamana kondisi lalu-lintas cukup aman.

b. Rambu *Stop*

Berbeda dengan rambu *Yield*, pengemudi yang melihat rambu pada rambu stop ini diwajibkan untuk menghentikan kendaraannya pada garis stop, sekalipun tidak ada kendaraan yang datang dari arah lain, dan baru boleh meneruskan perjalanannya bila mana kondisi lalu-lintas cukup aman, rambu stop biasanya dipasang pada jalan arah minor pada simpang.

Pemasangan rambu Stop pada seluruh kaki simpang ini dilakukan dengan pertimbangan:

- 1) Jarak pandangan tidak memenuhi syarat karena kondisi geometrik maupun oleh sebab lainnya,
- 2) Angka kecelakaan cukup tinggi,
- 3) Adanya simpangan dengan kendaraan lain yang mendapat prioritas seperti kereta api misalnya.

Terdapat dua macam pemasangan rambu *stop* ini, yakni:

- 1) *Two Way Stop Sign*, yakni pemasangan rambu *stop* dari dua arah, biasanya dari arah jalan minor.
- 2) *Multy Way Stop Sign*. Yakni pemasangan rambu *stop* pada seluruh kaki simpang. Pemasangan rambu *stop* pada seluruh kaki simpang ini dilakukan dengan pertimbangan:
 - a) Angka kecelakaan sudah cukup tinggi yakni lebih besar dari 5 kejadian per tahun.
 - b) Rata-rata tundaan kendaraan mencapai lebih dari 30 detik.

- c) Arus kendaraan dari masing-masing pendekatan minimal sudah mencapai 500 kendaraan per jam selama 8 jam operasi tertinggi per hari.
- d) Pertimbangan untuk memakai lampu sinyal belum ada dananya.

2.4 Prosedur Perhitungan Analisis Simpang Tidak Bersinyal

Pada prosedur perhitungan analisis ini menggunakan metode yang ada pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997). Metode ini memperkirakan pengaruh terhadap kapasitas dan ukuran-ukuran terkait lainnya akibat kondisi geometri, lingkungan dan kebutuhan lalu lintas. Metoda dan prosedur yang diuraikan dalam manual ini mempunyai dasar empiris, alasannya bahwa perilaku lalu lintas pada simpang tidak bersinyal dalam hal aturan memberi jalan, disiplin lajur dan aturan antri sangat sulit digambarkan dalam suatu model perilaku seperti model berhenti atau berjalan yang berdasarkan pada pengambilan celah.

Ukuran-ukuran kinerja berikut dapat diperkirakan untuk kondisi tertentu sehubungan dengan geometri, lingkungan dan lalu lintas dengan metoda yang diuraikan dalam metode ini adalah:

- 1) Kapasitas
- 2) Derajat kejenuhan
- 3) Tundaan
- 4) Peluang antrian

Secara lebih rinci, prosedur perhitungan analisis kinerja simpang tidak bersinyal meliputi formulir-formulir yang digunakan untuk mengetahui kinerja pada simpang tidak bersinyal sebagai berikut, (MKJI 1997):

- 1) Formulir USIG-1 Geometri dan arus lalu-lintas
- 2) Formulir USIG-II analisis mengenai pendekatan dan tipe persimpangan, kapasitas dan perilaku lalu-lintas.

2.5 Tujuan Pengaturan Persimpangan

Persimpangan merupakan daerah dimana 2 atau lebih ruas jalan bertemu atau bersilangan. Tujuan dari pengaturan persimpangan adalah sebagai berikut:

1. Mengatur pergerakan lalu lintas

2. Mengurangi konflik di persimpangan
3. Meningkatkan keselamatan pengguna jalan

2.6 Data Masukan Analisis Simpang Tidak Bersinyal

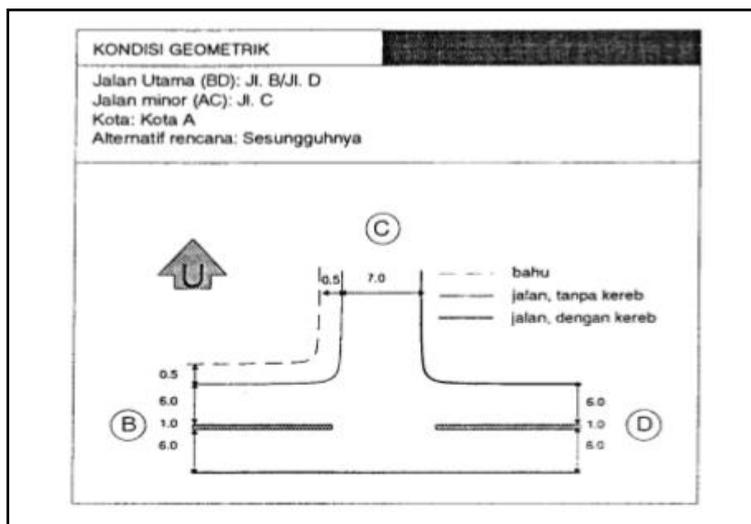
Pada tahap ini akan diuraikan secara rinci tentang kondisi-kondisi yang diperlukan untuk mendapatkan data masukan dalam menganalisis simpang tidak bersinyal di antaranya adalah:

1. Kondisi Geometrik Persimpangan

Karakteristik geometrik dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) antara lain meliputi:

- a. Tipe jalan adalah tipe potongan melintang jalan ditentukan oleh jumlah lajur dan arah pada suatu segmen jalan.
- b. Lebar jalur adalah lebar dari jalan yang dilewati.
- c. Median adalah daerah pemisah arus lalu lintas pada suatu segmen jalan.
- d. Pendekat adalah daerah dari lengan persimpangan jalan untuk kendaraan mengantri sebelum keluar melewati garis henti.
- e. Lebar pendekat (W_A) adalah bagian pendekat yang diperkeras yang digunakan oleh lalu lintas buangan setelah melewati persimpangan jalan.
- f. Lebar masuk (W_{MASUK}) adalah lebar bagian pendekat yang diperkeras, diukur pada garis henti.
- g. Lebar Keluar (W_{KELUAR}) adalah lebar bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan oleh lalu lintas berangkat setelah melewati persimpangan jalan.

Sketsa pola geometrik jalan yang dimasukkan ke dalam formulir USIG-I harus dibedakan antara jalan utama dan jalan minor dengan cara pemberian nama untuk simpang tiga, jalan yang menerus selalu dikatakan jalan utama. Pada sketsa jalan harus diterangkan dengan jelas kondisi geometrik jalan yang dimaksud seperti lebar jalan, lebar bahu, dan lain-lain. Sketsa kondisi geometrik dapat dilihat pada Gambar 2.5.

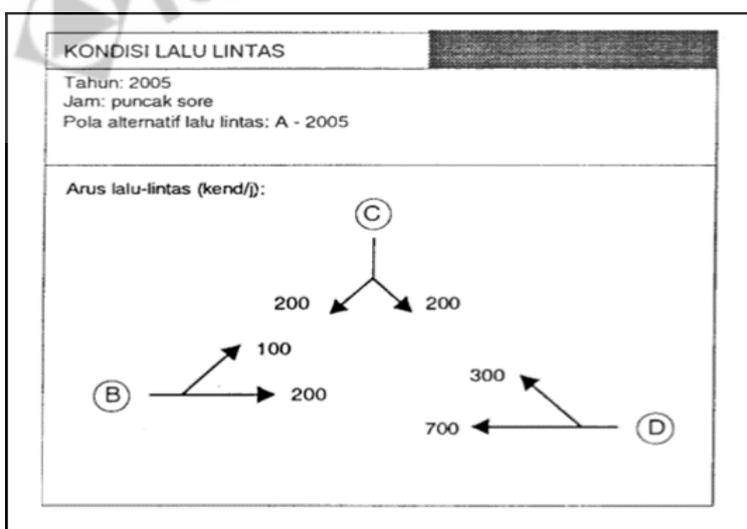


(Sumber : MKJI, 1997)

Gambar 2.5 Sketsa Kondisi Geometrik

2. Kondisi Lalu Lintas

Kondisi lalu lintas yang dianalisa ditentukan menurut arus jam rencana atau lalu-lintas harian rata-rata tahunan dengan faktor K yang sesuai untuk konversi LHRT menjadi arus per jam. Sketsa mengenai arus lalu lintas sangat diperlukan terutama jika akan merencanakan perubahan sistem pengaturan simpang dari tidak bersinyal menjadi simpang bersinyal maupun sistem satu arah. Contoh sketsa kondisi lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 2.6.



(Sumber : MKJI, 1997)

Gambar 2.6 Sketsa kondisi Lalu-lintas

3. Kondisi Lingkungan

Data lingkungan diperlukan untuk perhitungan dan harus diisikan dalam kotak bagian kanan atas formulir USIG-II ANALISA.

a. Kelas Ukuran Kota

Faktor ini hanya dipengaruhi oleh variabel besar kecilnya jumlah penduduk dalam juta, seperti tercantum dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor Penyesuaian Kota

Ukuran kota (CS)	Penduduk (juta)	Faktor penyesuaian Ukuran kota (Fcs)
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 : MKJI, 1997)

b. Tipe Lingkungan Jalan

Lingkungan jalan diklasifikasikan dalam kelas menurut tata guna lahan jalan tersebut dari aktifitas sekitarnya hal ini ditetapkan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalu lintas dengan bantuan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tipe Lingkungan Jalan

Komersial	Tata guna lahan komersial (misalnya perkotokoan, rumah makan, perkantoran) dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Permukiman	Tata guna lahan tempat tinggal dengan jalan masuk langsung bagi pejalan kaki dan kendaraan.
Akses Terbatas	Tanpa jalan masuk atau jalan masuk langsung terbatas (Misalnya karena adanya penghalang fisik, jalan samping dsb).

(Sumber: MKJI, 1997)

c. Kelas Hambatan Samping

Hambatan samping pada arus berangkat lalu lintas, misalnya pejalan kaki berjalan atau menyebrangi jalur. Angkutan kota dan bis yang berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang kendaraan yang masuk dan keluar jalur. Hambatan samping ditentukan secara kuantitatif dengan pertimbangan teknik lalu-lintas sebagai Tinggi, Sedang dan Rendah.

2.6.1 Kapasitas Samping Tidak Bersinyal

Kapasitas adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu dinyatakan dalam kendaraan/jam atau smp/jam. Kapasitas total suatu persimpangan dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian antara kapasitas dasar C_0 dan faktor-faktor penyesuaian F (MKJI 1997) Menghitung kapasitas samping menurut MKJI 1997 dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.1.

$$C = C_0 \times F_w \times F_m \times F_{cs} \times F_{RSU} \times F_{LT} \times F_{RT} \times F_{MI} \text{ (smp/jam) } \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

C = Kapasitas (smp/jam)

C_0 = Kapasitas dasar (smp/jam)

F_w = Faktor koreksi lebar masuk

F_m = Faktor koreksi tipe median jalan F_{cs}

F_{cs} = Faktor koreksi ukuran kota

F_{RSU} = Faktor penyesuaian kendaraan tidak bermotor, hambatan samping dan lingkungan jalan.

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

F_{MI} = Faktor penyesuaian rasio arus minor

a. Kapasitas Dasar (C_0)

Nilai kapasitas dasar dapat dilihat dari buku pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) yang diambil dari variabel tipe simpang (IT). Didapat data kapasitas

dasar (C_0) untuk dimasukkan pada formulir UISG-II. Pencarian kapasitas dasar dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kapasitas Dasar

Tipe simpang (IT)	Kapasitas dasar (smp/jam)
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

(Sumber: MKJI, 1997)

b. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Untuk pertimbangan teknik lalu lintas diperlukan untuk menentukan teknik median. Median disebut lebar jika kendaraan ringan dapat berlindung pada daerah median tanpa mengganggu arus berangkat pada jalan utama. Faktor penyesuaian median jalan didapat dari Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)

Uraian	Tipe Median	Faktor penyesuaian median (F_M)
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median jalan utama < 3 m	Sempit	1,05
Ada median jalan utama ≥ 3 m	Lebar	1,20

(Sumber: MKJI, 1997)

c. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat dari jumlah penduduk pada kota tersebut, karena setiap kota memiliki jumlah penduduk yang berbeda. Faktor penyesuaian ukuran kota dan penduduk sangat penting karena penggunaan jumlah kendaraan pada setiap kota berpengaruh pada arus lalu lintas. Untuk mendapatkan nilai koreksi faktor penyesuaian kota (Fcs) dapat dilihat dari Tabel.

Faktor penyesuaian kota dapat dilihat dari Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Ukuran kota (CS)	Penduduk (juta)	Faktor penyesuaian Ukuran kota (Fcs)
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 : MKJI, 1997)

d. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping Dan Kendaraan Tidak Bermotor

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tidak bermotor (FSRU) dapat diperoleh dari hasil survei dilapangan dengan melihat variabel tipe lingkungan jalan, kelas hambatan samping (SF) dan resiko kendaraan tidak bermotor. Beberapa faktor ini juga berpengaruh dalam analisis simpang. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tidak bermotor dapat ditentukan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian

Lingkungan jalan (RE)	Kelas hambatan samping (SF)	Rasio Kendaraan tak bermotor (P _{UM})					
		0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	>0,25
Komersial	Tinggi	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Sedang	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
	Rendah	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,71
Pemukiman	Tinggi	0,96	0,91	0,87	0,82	0,77	0,72
	Sedang	0,97	0,92	0,88	0,83	0,78	0,73
	Rendah	0,98	0,93	0,89	0,84	0,79	0,74
Akses Terbatas	Tinggi/ Sedang/ Rendah	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75

(Sumber: MKJI, 1997)

2.6.2 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) merupakan rasio arus lalu lintas aktual (smp/jam) terhadap kapasitas (smp/jam), dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.2 sebagai berikut :

$$DS = Q_{TOT} / C \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

Q_{smp} = Jumlah arus total pada simpang (smp/jam)

2.6.3 Tundaan

Tundaan pada persimpangan adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati suatu simpang. Hambatan tersebut muncul jika kendaraan berhenti karena terjadinya antrian pada persimpangan sampai kendaraan itu keluar dari persimpangan karena kapasitas yang sudah tidak memadai.

a. Tundaan Lalu Lintas Rata-rata Simpang (DT_I)

Tundaan lalu lintas rata-rata simpang (detik/smp) adalah tundaan rata-rata untuk seluruh kendaraan yang masuk pada persimpangan. Tundaan DT_I ditentukan dari hubungan empiris antara tundaan DT_I dan DS .

Untuk $DS \leq 0,6$ dapat dihitung menggunakan Rumus 2.3

$$DT = 2 + (8,2078 \times DS) - [(1 - DS) \times 2] \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk $DS \geq 0,6$ dapat dihitung menggunakan Rumus 2.4

$$DT = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - [(1 - DS) \times 2] \dots\dots\dots(2.4)$$

b. Tundaan Lalu Lintas Rata-rata di Jalan Major (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas jalan utama adalah tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. DT_{MA} ditentukan dari kurva empiris antara DT_{MA} dan DS :

Untuk $DS \leq 0,6$ dapat dihitung menggunakan Rumus 2.5

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1-DS) \times 1,8 \dots\dots\dots(2.5)$$

Untuk $DS \geq 0,6$ dapat dihitung menggunakan Rumus 2.6

$$DT = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - [(1 - DS) \times 1,8] \dots\dots\dots(2.6)$$

c. Tundaan Lalu lintas Rata-rata di Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor rata-rata ditentukan berdasarkan tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.7.

$$DT_{MI} = (Q_{TOT} \times DT_I - Q_{MA} \times DT_{MA}) / Q_{MI} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan :

Q_{TOT} = Arus total sesungguhnya (smp/jam)

QMA = Jumlah kendaraan yang masuk di simpang melalui jalan utama (smp/jam)

QMI = Jumlah kendaraan yang masuk di simpang melalui jalan minor (smp/jam)

d. Tundaan Geometrik Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan yang diakibatkan oleh geometrik simpang. DG dapat dihitung dengan menggunakan persamaan ataupun rumus berikut.

Untuk $DS < 1,0$ dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.8.

$$DG = (1-DS) \times (PT \times 6 + (1 - PT) \times 3) + DS \times 4 \dots \dots \dots (2.8)$$

Untuk $DS \geq 1,0$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.9

$$DG = 4 \text{ detik/smp} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan :

DG = Tundaan geometrik simpang

DS = Derajat kejenuhan

PT = Rasio belok total

e. Tundaan Simpang (D)

Tundaan simpang adalah penjumlahan dari tundaan geometrik dan tundaan lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.10

$$D = DG + DTI \dots \dots \dots (2.10)$$

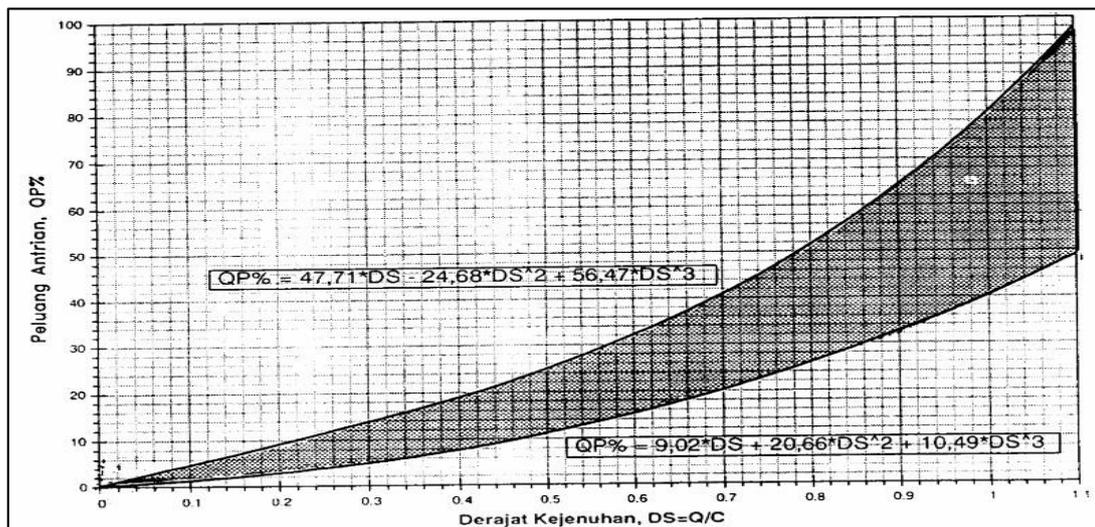
Dengan :

DG = Tudaan geometrik simpang

DTI = Tundaan lalu-lintas simpang

2.6.4 Peluang Antrian

Rentang nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian terhadap derajat kejenuhan, hubungan tersebut dapat dilihat melalui grafik antara peluang antrian terhadap derajat kejenuhan. Grafik tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2.9.



(Sumber : MKJI, 1997)

Gambar 2.7 Grafik Rentang Peluang Antrian Terhadap Derajat Kejenuhan

2.6.5 Penilaian Perilaku Lalu-lintas

Manual ini terutama direncanakan untuk memperkirakan kapasitas dan perilaku lalu lintas pada kondisi tertentu berkaitan dengan rencana geometrik jalan, lalu lintas dan lingkungan. Cara paling cepat untuk menilai hasil adalah dengan melihat derajat kejenuhan (DS) untuk kondisi yang diamati, dan membandingkan dengan pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur fungsional yang diinginkan dari simpang tersebut.

2.7 Prosedur Perhitungan Analisis Kinerja Simpang Bersinyal

Prosedur perhitungan untuk simpang bersinyal yang mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997 (MKJI 1997) memiliki beberapa tahapan langkah untuk mengetahui waktu siklus, kapasitas, dan perilaku lalu lintas.

6.7.1 Data Masukan Analisis Simpang Bersinyal

Data masukan merupakan data keseluruhan tentang kondisi dari simpang yang akan dikaji. Data yang dibutuhkan berupa data kondisi geometrik, pengaturan lalu lintas, kondisi lingkungan, serta kondisi arus lalu lintas.

1. Kondisi Geomertrik

Kondisi geometrik adalah data yang diperlukan pada persimpangan yang akan di kaji seperti lebar, dan panjang jalur dan lajur, posisi pendekat-pendekat, garis henti, marka jalur dan data geometrik yang menunjang lainnya.

2. Kondisi Pengaturan Lalu lintas

Kondisi pengaturan lalu lintas adalah data yang berupa system pengaturan lalu lintas pada simpang yang akan dikaji pada sebelum di analisis, seperti fase dan waktu sinyal, dan pengaturan belok kiri langsung.

3. Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan adalah data yang berupa kondisi pada lingkungan yang berada pada persimpangan yang akan dikaji, seperti ukuran kota, dan tipe lingkungan jalan.

4. Kondisi Arus Lalu lintas

Kondisi arus lalu lintas adalah data berupa arus lalu lintas dalam smp/jam bagi setiap masing-masing kendaraan untuk kondisi terlindung atau terlawan (yang sesuai tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang diijinkan) dengan menggunakan nilai satuan mobil penumpang (emp) tersebut seperti pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai Ekivalensi Mobil Penumpang

Tipe Kendaraan	emp	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
LV	1	1
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,2

(Sumber : MKJI 1997)

Hitung arus lalu lintas total Q_{MV} dalam kend/jam dan smp/jam pada masing-masing pendekat untuk kondisi arus terlindung atau terlawan.

Untuk hitung pendekatan rasio kendaraan belok kiri PLT dan rasio belok kanan PRT yang sesuai untuk arus LT dan RT, dengan menggunakan Rumus 2.11 dan Rumus 2.12.

$$PLT = \frac{LT}{Total Volume} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan:

PLT = Rasio kendaraan belok kiri

LT = Volume kendaraan belok kiri (smp/jam)

$$PRT = \frac{RT}{Total Volume} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan:

PRT = Rasio kendaraan belok kanan

RT = Volume kendaraan belok kanan (smp/jam)

Selain pendekatan ratio belok, ada juga pendekatan ratio kendaraan tak bermotor dengan membagi arus kendaraan tak bermotor QUM kend/jam dengan arus kendaraan bermotor QMV kend/jam, dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.13.

$$PUM = \frac{QUM}{QMV} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

PUM = Rasio kendaraan tak bermotor dan kendaraan bermotor

QUM = Arus kendaraan tak bermotor (kend/jam)

QMV = Arus kendaraan bermotor (kend/jam)

6.7.2 Penggunaan Sinyal

Hal yang perlu dikaji pada penggunaan fase sinyal yakni berupa penentuan fase sinyal serta menghitung waktu antar hijau dan waktu hilang.

1. Penentuan Fase Sinyal

Hal yang perlu ditentukan pada perhitungan untuk rencana fase sinyal yang lain dari yang digambarkan pada Form SIG-I, maka rencana fase sinyal harus dipilih sebagai alternative permulaan untuk keperluan evaluasi. Biasanya pengaturan dua fase dicoba sebagai kejadian dasar, karena biasanya menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tunda rata-rata lebih rendah daripada tipe fase sinyal lain dengan pengatur fase yang biasa dengan pengatur fase konvensional.

2. Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Untuk analisa operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau untuk waktu pengosongan dan waktu hilang. Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut (kuning + merah semua) dapat dianggap sebagai nilai normal, nilai normal waktu antar hijau dilihat berdasarkan ukuran simpang atau lebar jalan rata-rata, yang dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai Normal Waktu antar-hijau

Ukuran Simpang	Lebar jalan Rata-Rata	Nilai Normal waktu anta-hijau
Kecil	6 – 9 m	4 detik/fase
Sedang	10-14 m	5 detik/fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 detik/fase

(Sumber: MKJI 1997)

Waktu merah semua yang diperlukan untuk mengosongkan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya pada titik yang sama. Jadi 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. Gambar 2.10 menunjukkan titik konflik kritis, jarak keberangkatan, dan kedatangan.



(Sumber: MKJI 1997)

Gambar 2.8 Titik Konflik Kritis dan Jarak untuk Keberangkatan, Kedatangan

Titik konflik kritis pada masing-masing fase adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua, yang dapat di hitung dengan menggunakan Rumus 2.14

$$\text{Waktu Merah Semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right] \dots \dots \dots (2.14)$$

Dengan:

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

I_{EV} = Panjang kendaraan yang datang (m)

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

Nilai-nilai yang dipilih untuk V_{EV} , V_{AV} dan I_{EV} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai-nilai sementara berikut dapat dipilih dengan ketiadaan aturan di Indonesia akan hal ini,

- a. Kecepatan kendaraan yang datang $V_{AV} : 10 \text{ m/det (kend.bermotor)}$
- b. Kecepatan kendaraan yang berangkat $V_{EV} : 10 \text{ m/det (kend. Bermotor)}$
 $V_{EV} : 3 \text{ m/det (kend.tak Bermotor)}$
 $V_{EV} : 1.2 \text{ m/det (pejalan kaki)}$
- c. Panjang kendaraan yang berangkat $I_{EV} : 5 \text{ m (LV ata HV)}$
 $I_{EV} : 3 \text{ m (MC ata UM)}$

Apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau. Waktu hilang (LTI) dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.15.

$$LTI = \sum(\text{Merah Semua} + \text{Kuning})I = \sum I G_i \dots\dots\dots(2.15)$$

Durasi waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3 detik.

6.7.3 Penentuan Waktu Sinyal

Dalam penentuan waktu sinyal ada beberapa faktor-faktor yang harus diketahui dan ditentukan diantaranya seperti, tipe pendekat, lebar pendekat efektif, arus jenuh dasar, faktor penyesuaian, rasio arus atau arus jenuh serta waktu siklus dan waktu hijau.

1. Tipe Pendekat

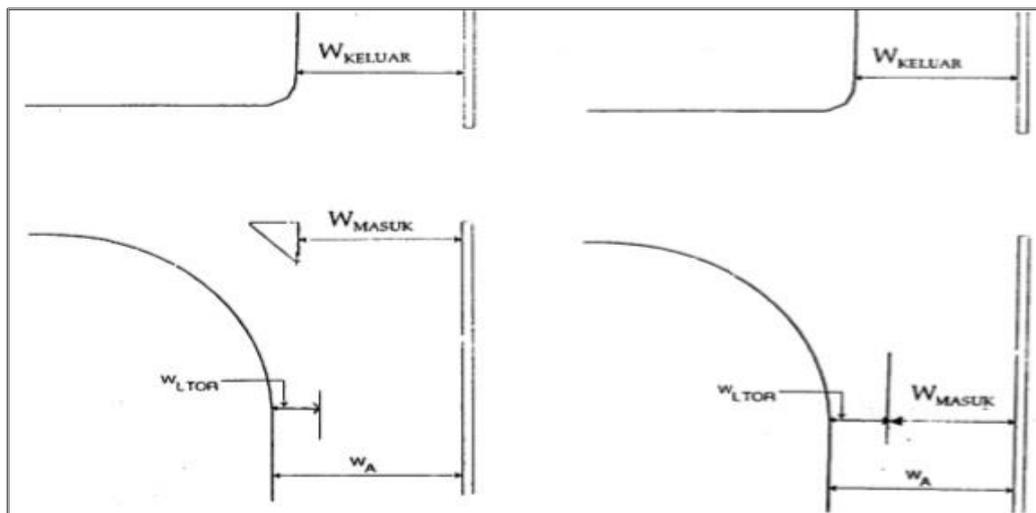
Identifikasi dari setiap pendekat apabila dua gerakan lalu lintas pada suatu pendekat diberangkatkan pada fase yang berbeda. Menentukan tipe pendekat terlintung (P) atau terlawan (0).

2. Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekat efektif (W_e) dari setiap pendekat adalah berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{MASUK}) dan lebar keluar (W_{KELUAR}) dari formulir SIG-I (sketsa dan kolom 8-11) dan rasio lalu lintas berbelok dari formulir SIG-IV kolom 4-6, dan masukan hasilnya pada kolom 9 pada formulir SIG-IV.

Lebar efektif (W_e) dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, penentuan lebar masuk (W_{MASUK}) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.11, atau untuk pendekat tanpa pulau lalu-lintas yang ditunjukkan pada bagian kanan dari gambar.

Pada keadaan terakhir $W_{MASUK} = W_A - W_{LTOR}$.



(Sumber: MKJI 1997)

Gambar 2.9 Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu lintas

3. Arus Jenuh Dasar

Penentuan arus jenuh dasar ditentukan dengan melihat tipe dari setiap masing-masing pendekat, tipe pendekat telindung (P) atau tipe terlawan (0).

a. Pendekat Tipe P (Terlindung)

Untuk pendekat arus terlindung (tipe P) yaitu pergerakan kendaraan pada persimpangan tanpa terjadi konflik antara kaki persimpangan yang berbeda saat lampu hijau pada fase yang sama, atau dengan menggunakan Rumus 2.16.

$$S_0 = 600 \times W_e \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan:

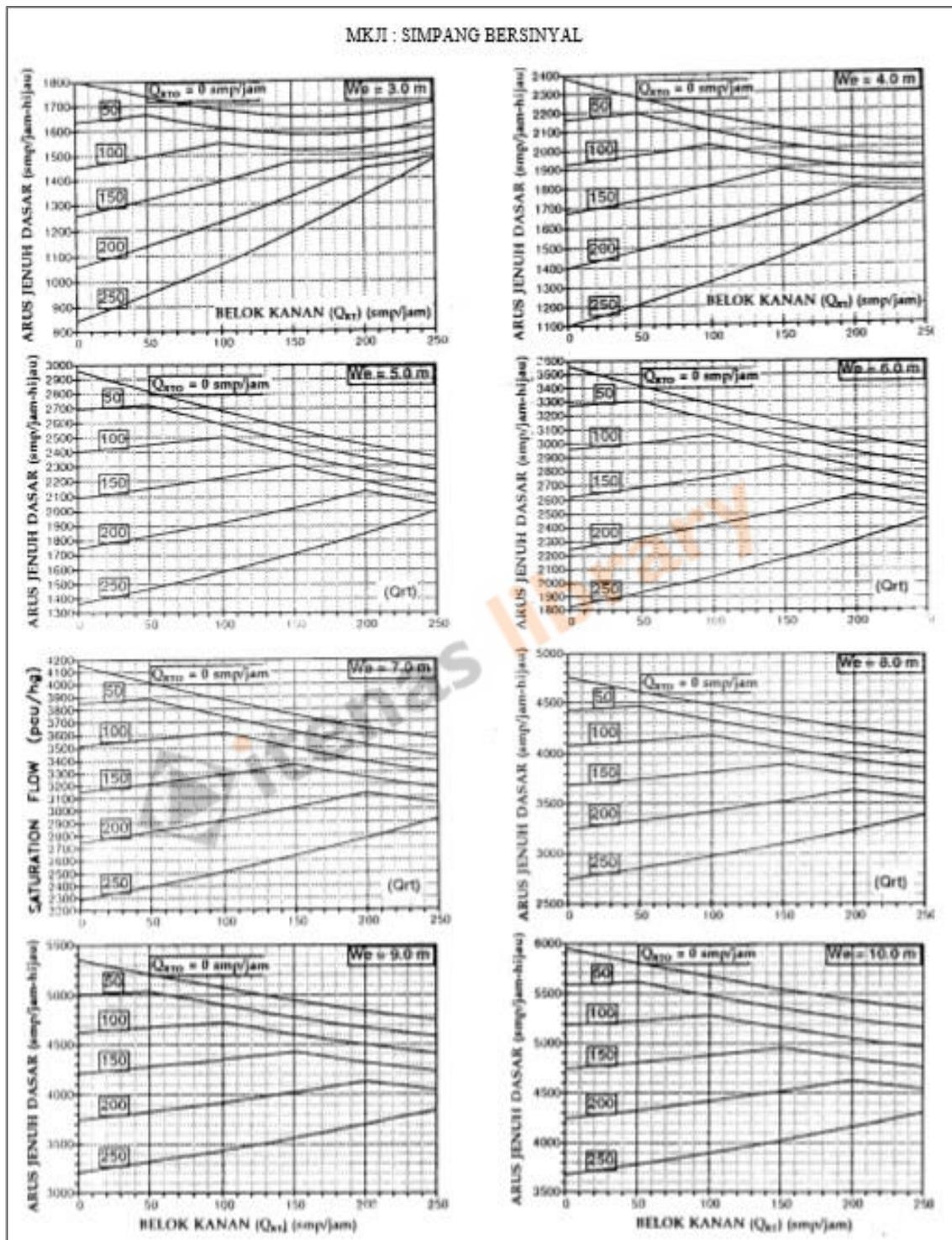
S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam-hijau)

W_e = Lebar efektif

b. Pendekat Tipe 0 (Terlawan)

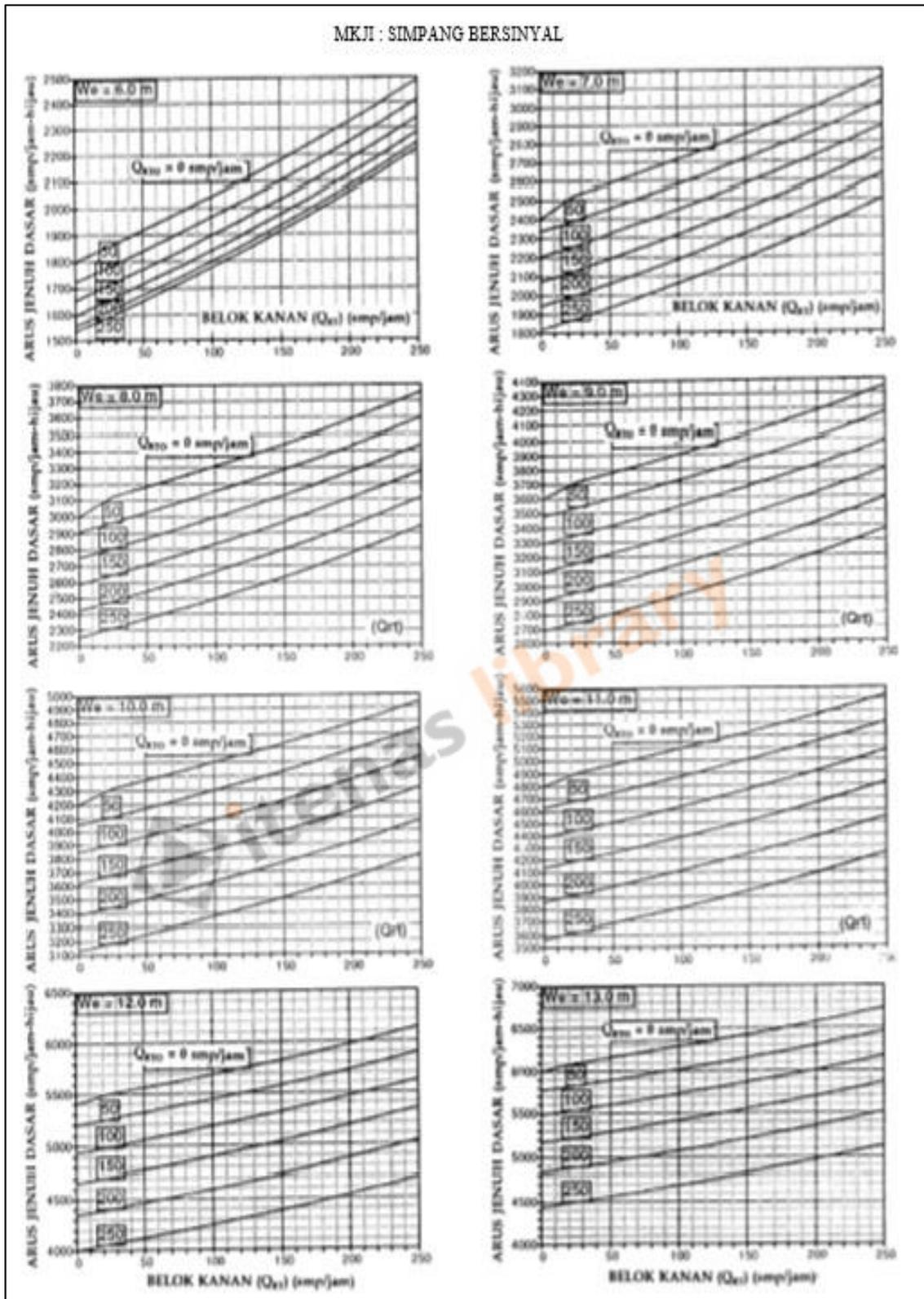
Untuk pendekat arus terlawan (tipe 0) yaitu kendaraan pada persimpangan dimana terjadi konflik antara kendaraan belok kanan dengan kendaraan yang bergerak lurus dari arah yang berbeda saat fase hijau yang bersamaan. Jika gerakan belok kanan lebih besar dari 250 smp/jam, fase sinyal terlindung harus di pertimbangkan, artinya rencana fase sinyal harus diganti. Cara pendekatan berikut dapat digunakan untuk tujuan analisa operasional misalnya peninjauan kembali

waktu sinyal suatu simpang. untuk penentuan dapat dilihat pada Gambar 2.12 dan Gambar 2.13.



(Sumber: MKJI 1997)

Gambar 2.10 Arus Jenuh Pendekat Terlawan tanpa Lajur Belok kanan terpisah



(Sumber: MKJI 1997)

Gambar 2.11 Arus Jenuh Pendekat Terlawan dengan Lajur Belok kanan terpisah

4. Faktor Penyesuaian

Ada beberapa faktor penyesuaian yang berpengaruh terhadap nilai arus jenuh yang nantinya akan menjadi arus jenuh yang telah di sesuaikan, diantara adalah faktor penyesuaian ukuran kota, faktor penyesuaian hambatan samping, faktor penyesuaian kelandaian, faktor penyesuaian parkir, faktor penyesuaian belok kanan, faktor penyesuaian belok kiri dan arus jenuh yang disesuaikan.

Berikut adalah penentuan untuk faktor – faktor tersebut:

a. Faktor penyesuaian Ukuran Kota

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 2.9 sebagai fungsi dari ukuran kota yang tercatat pada formulir SIG-I.

Tabel 2.9 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Penduduk kota (Juta Jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran Kota (FCS)
> 3,0	1,05
1,0 -3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82

(Sumber: MKJI 1997)

b. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Faktor penyesuaian hambatan samping (FSF) adalah sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan. Jika hambatan samping tidak diketahui, dapat dianggap tertinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar, factor ini ditentukan dari Tabel 2.10.

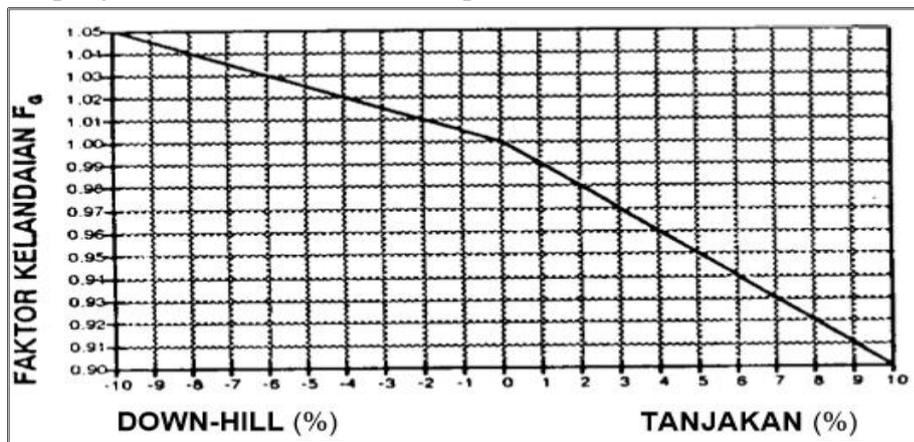
Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (FSF)

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe Fase	Rasio kendaraan tak Bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
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
Permukiman (RES)	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
		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: MKJI 1997)

c. Faktor Penyesuaian Kelandaian

Faktor penyesuaian kelandaian (FG) dapat ditentukan dari Gambar 2.14.

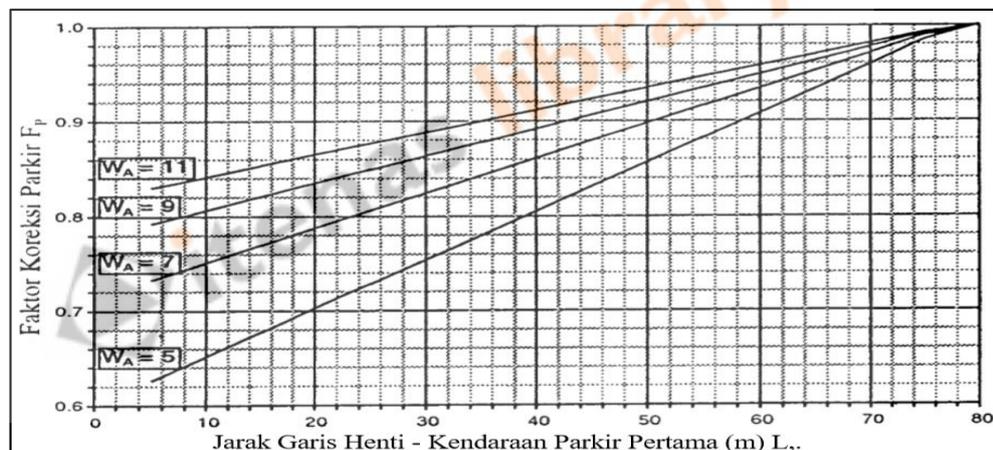


(Sumber: MKJI 1997)

Gambar 2.12 Faktor Penyesuaian Kelandaian

d. Faktor Penyesuaian Parkir

Faktor penyesuaian Parkir (FP) dapat ditentukan melalui Gambar 2.15.



(Sumber: MKJI 1997)

Gambar 2.13 Faktor Penyesuaian Parkir

e. Faktor Penyesuaian Belok kanan

Faktor penyesuaian belok kanan (FRT) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (PRT). Hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, atau dengan menggunakan Rumus 2.17.

$$FRT = 1,0 + PRT \times 0,26 \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan:

FRT = Faktor penyesuaian belok kanan

PRT = Rasio kendaraan belok kanan

f. Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Faktor penyesuaian belok kiri (FLT) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri (PLT) dan hanya untuk pendekat tipe P tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.18.

$$FLT = 1,0 - P_{IT} \times 0,16 \dots \dots \dots (2.18)$$

Dengan:

FLT = Faktor penyesuaian belok kiri

PLT = Rasio kendaraan belok kiri

g. Arus Jenuh yang disesuaikan

Nilai arus jenuh yang disesuaikan adalah arus jenuh dasar (S_0) dengan dikalikan dari nilai factor-faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya dengan menggunakan Rumus 2.19.

$$S = S_0 \times FCS \times FSF \times FG \times FP \times FRT \times FL \dots \dots \dots (2.19)$$

Dengan:

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam)

FCS = Faktor penyesuaian ukuran kota

FSF = Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor

FG = Faktor penyesuaian kelandaian

FP = Faktor penyesuaian parkir

FRT = Faktor penyesuaian belok kanan

FLT = Faktor penyesuaian belok kiri

5. Rasio Arus / Arus Jenuh

Beberapa hal yang harus di perhatikan untuk nilai Q yang berpengaruh terhadap langkah perhitungan selanjutnya yaitu :

- a. Jika LTOR harus dikeluarkan dari analisa hanya gerakan-gerakan lurus belokkanan saja yang dimasukkan dalam nilai Q
- b. Jika $W_e = W_{KELUAR}$ hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai Q
- c. Jika suatu pendekatan mempunyai sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (0) dan yang lainnya arus terlindung (P), gabungan arus lalu lintas sebaliknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot untuk kondisi terlawan dan terlindung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan arus jenuh. Hasilnya dimasukkan kedalam baris untuk fase gabungan tersebut.

Untuk menghitung arus ratio (FR) masing-masing pendekatan, dengan menggunakan Rumus 2.20.

$$FR = Q/S \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan:

FR = Rasio arus

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

Untuk menghitung ratio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai FR yang dilingkari (kritis) dengan menggunakan Rumus 2.21.

$$IFR = \sum(FR_{Crit}) \dots\dots\dots(2.21)$$

Dengan:

IFR = Rasio arus simpang

FRcrit = Rasio arus kritis

Untuk menghitung ratio fase (PR) pada masing-masing fase sebagai ratio antara FRcrit dan IFR dengan menggunakan Rumus 2.22.

$$PR = FR_{crit} / IFR \dots\dots\dots(2.22)$$

Dengan:

PR = Rasio fase

FRcrit = Rasio arus kritis

IFR = Rasio arus simpang

6. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Panjang waktu siklus pada sinyal lalu lintas waktu tetap tergantung dari volume lalu lintas. Bila volume lalu lintas tinggi waktu siklus lebih panjang, hal tersebut akan mempengaruhi tundaan kendaraan rata-rata yang melewati persimpangan.

a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) digunakan untuk pengendalian waktu tetap, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.23.

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \dots \dots \dots (2.23)$$

Dengan:

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

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang $\sum (PR_{crit})$

Nilai waktu siklus yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan <10m nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. Waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang jalan, waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Waktu Siklus yang Disarankan

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus yang Layak (detik)
Pengaturan dua-fase	40-80
Pengaturan tiga-fase	50-100
Pengaturan empat-fase	80-130

(Sumber: MKJI 1997)

b. Waktu Hijau

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi

pejalan kaki untuk menyebrang jalan, hitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase dengan menggunakan Rumus 2.24.

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \dots \dots \dots (2.24)$$

Dengan:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

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

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \sum (FR_{crit})$

c. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai dengan waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI) dihitung dengan menggunakan Rumus 2.25.

$$c = g + LTI \dots \dots \dots (2.25)$$

Dengan:

c = waktu siklus yang disesuaikan (smp/jam)

g = Total waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

6.7.4 Kapasitas

Umumnya jika nilai derajat kejenuhan (DS) mendekati nilai lewat jenuh kapasitas (C) simpang akan ditambah. Kemungkinan untuk menambah kapasitas simpang melalui salah satu dari tindakan penambahan lebar pendekat.

1. Kapasitas

Kapasitas merupakan suatu jumlah maksimum arus kendaraan yang melewati persimpangan, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.26.

$$C = S \times g/c \dots \dots \dots (2.26)$$

Dengan:

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus (det)

2. Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (DS) didefinisikan sebagai rasio lalu lintas (q) terhadap kapasitas (C) pada suatu ruas atau segmen jalan tertentu. Derajat kejenuhan digunakan untuk analisis tingkat kinerja jalan atau simpang yang berkaitan dengan kecepatan. Makin tinggi derajat kejenuhan makin jelek tingkat kinerja jalan tersebut. Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan Rumus 2.27.

$$DS = Q/C \dots\dots\dots(2.27)$$

Dengan:

DS= Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

6.7.5 Perilaku Lalu lintas

Perilaku Lalu lintas simpang bersinyal meliputi penentuan berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

1. Panjang Antrian

Besar panjang antrian didapat dari NQ yaitu berupa jumlah antrian smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) dan jumlah antrian smp selama fase merah (NQ_2) yang dikalikan dengan NQ_{MAX} dengan luas rata-rata yang diperlukan per smp (20 m^2)

- a. Jumlah antrian smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1) dapat dihitung untuk $DS > 0,5$ dengan menggunakan Rumus 2.27 dan untuk $DS < 0,5$ $NQ_1 = 0$.

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times (DS-1) + [\sqrt{(DS-1)^2 + 8 \times (DS - 0,5)}] \dots\dots\dots(2.28)$$

Dengan:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat Kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Kapasitas (smp/jam)

- b. Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ2) di hitung dengan menggunakan Rumus 2.29.

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times Q/3600 \dots\dots\dots (2.29)$$

Dengan:

NQ2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = Derajat kejenuhan

GR = Rasio hijau

c = Waktu siklus (det)

Q = Masuk arus lalu lintas pada tempat masuk diluar LTOR (smp/jam)

- c. Jumlah total dari kendaraan antri, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.30.

$$NQ = NQ1 + NQ2 \dots\dots\dots (2.30)$$

Dengan:

NQ = Jumlah total dari kendaraan antri

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

- d. Maka panjang antrian dihitung dengan menggunakan Rumus 2.31.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \dots\dots\dots (2.31)$$

Dengan:

QL = Panjang antrian (m)

NQ_{MAX} = Jumlah maksimum dari kendaraan antri

W_{MASUK} = Lebar masuk (m)

2. Kendaraan Terhenti

Kendaraan terhenti yang dihitung berupa angka henti (NS) sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian), jumlah kendaraan terhenti masing-masing pendekat (NSV) serta angka seluruh simpang (NSTOT).

- a. Angka henti (NS) masing masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.32.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Qxc} \times 3600 \dots \dots \dots (2.32)$$

Dengan:

NS = Angka henti (smp/jam)

NQ = Jumlah total dari kendaraan antri

c = Waktu siklus (det)

Q = Arus Lalu lintas (smp/jam)

- b. Jumlah kendaraan terhenti (NSV) masing-masing pendekat, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.33.

$$NSV = Q \times NS \dots \dots \dots (2.33)$$

Dengan:

NSV = Kendaraan terhenti (smp/jam)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Angka henti

- c. Angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.34.

$$NSTOT = \sum NSV / QTOT \dots \dots \dots (2.34)$$

Dengan:

NSTOT = Angka henti seluruh simpang (smp/jam)

$\sum NSV$ = Jumlah total kendaraan terhenti (smp/jam)

Q TOT = Arus simpang total (kend/jam)

3. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena 2 hal. Pertama tundaan lalu lintas (DT) karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lain pada suatu simpang, kemudian tundaan geometri (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang atau terhenti lampu merah.

- a. Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lain pada simpang, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.35.

$$DT_j = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dengan:

DT_j = Tundaan lalu lintas rata-rata pada pendekat j (det/smp)

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

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

GR = Rasio hijau (g/c)

DS = Derajat Kejenuhan

NQ1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

c = Kapasitas (smp/jam)

- b. Tundaan Geometri rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan ketika dihentikan oleh lampu merah, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.36.

$$DG_j = (1-PSV) \times PT \times 6 + (PSV \times 4) \dots\dots\dots (2.36)$$

Dengan:

DG_j = Tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

PSV = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = Min (NS,1)

PT = Rasio kendaraan berbelok

Tundaan rata-rata untuk seluruh pendekat (D1) dihitung dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (QTOT) dalam smp/jam, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.37.

$$D1 = (\sum(Q \times D_j)) / (QTOT) \dots \dots \dots (2.37)$$

Dengan:

D1 = Tundaan rata-rata untuk seluruh pendekat (det/smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

QTOT = Arus Total (smp/jam)

Dj = DTj + DGj

