

BAB III

KAJIAN PUSTAKA

3.1 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, 1991)

Persimpangan dapat dibagi atas dua jenis, yaitu:

1. Persimpangan sebidang (At Grade Intersection)

Pertemuan dua atau lebih jalan raya pada satu bidang yang mempunyai elevasi yang sama. Desain persimpangan ini berbentuk huruf T, huruf Y, persimpangan empat Lengan, serta persimpangan berlengan banyak.

2. Persimpangan tidak sebidang (grade Separated Intersection)

Persimpangan dimana jalan yang satu dengan jalan yang lainnya tidak bertemu pada satu bidang dan mempunyai beda tinggi antara keduanya

Masalah-masalah yang terdapat pada persimpangan adalah:

1. Volume dan kapasitas
2. Desain geometrik dan jarak pandang
3. Kecepatan
4. Pengaturan lampu jalan
5. Perilaku lalu lintas dan Panjang antrian
6. Kecelakaan dan keselamatan
7. Parkir

3.1.1 Simpang Tidak Bersinyal

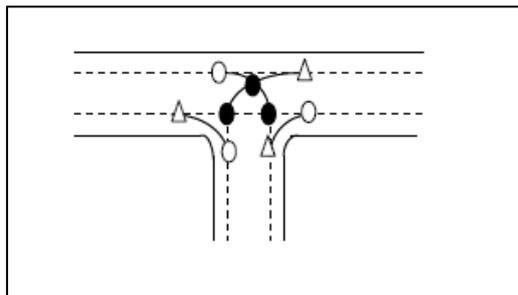
Simpang tidak bersinyal merupakan suatu simpang yang terdiri atas beberapa lengan jalan yang dilihat dari beberapa kondisi antara lain, kondisi geometrik, kondisi lingkungan dan kondisi lalu lintas.

3.1.2 Konflik Persimpangan

Titik konflik di persimpangan adalah lokasi titik-titik dimana dua pergerakan jika dilakukan secara bersamaan akan menyebabkan benturan. Pada daerah persimpangan, lintasan kendaraan dan pejalan kaki akan berpotongan pada satu konflik. Konflik ini akan menghambat pergerakan dan menjadi lokasi potensial terjadinya kecelakaan lalu lintas. Meskipun konflik benturan tidak terjadi tetapi akan terjadi tundaan yang cukup berarti, dikarenakan adanya pemanfaatan ruang jalan dimana dua kendaraan yang bertemu pada titik konflik dan kendaraan satu akan mengalah dengan membiarkan kendaraan lainnya untuk terlebih dahulu melewati titik konflik. Konflik-konflik pada persimpangan tersebut dapat dibagi menjadi dua tipe konflik, yaitu:

- a. Konflik primer adalah konflik antara arus lalu lintas dari arah memotong.
- b. Konflik sekunder adalah konflik antara arus lalu lintas kanan dan arus lalu lintas arah lainnya atau antara arus lalu lintas belok kiri dengan pejalan kaki.

Adapun titik-titik konflik pada persimpangan 3 lengan adalah sebagai berikut :



Sumber : Selter, 1974

Gambar III. 1 Aliran Kendaraan di Simpang Tiga Lengan/Pendekat

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

1. Pemisahan (Diverging)

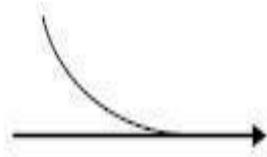


Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 2 Pergerakan Arus Lalu Lintas Diverging

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

2. Penggabungan (Merging)

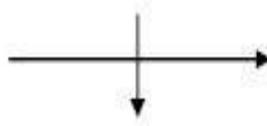


Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 3 Pergerakan Arus Lalu Lintas Merging

Gerakan bergabungnya satu kendaraan terhadap kendaraan lain pada persimpangan.

3. Persilangan (Crossing)

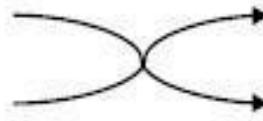


Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 4 Pergerakan Arus Lalu Lintas Crossing

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

4. Jalinan (Weaving)



Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 5 Pergerakan Arus Lalu Lintas Weaving

Gerakan memisah kemudian bergabung atau berpisah dari beberapa kendaraan.

3.2 Tujuan Pengendalian Persimpangan

Pengaturan simpang bertujuan untuk menjaga keselamatan pengguna jalan serta mengatur arus lalu lintas dengan cara memberikan arahan dan petunjuk yang jelas. Ada beberapa pengaturan lalu lintas yang dapat dilakukan diantaranya menggunakan rambu lalu lintas, marka atau sinyal lampu lalu lintas.

Dari pemilihan pengaturan persimpangan tujuan yang ingin dicapai, yaitu sebagai berikut:

1. Menjaga kapasitas simpang agar tercapai pemanfaatan simpang yang sesuai dengan rencana dan memberikan petunjuk yang jelas untuk mengarahkan arus lalu lintas pada tempatnya.
2. Mengurangi dan menghindarkan kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas yang berasal dari berbagai titik konflik.
3. Mengatur arus lalu lintas yang berpotongan agar dapat bersama-sama menggunakan persimpangan dengan cara mendistribusikan waktu

3.3 Jenis-jenis Pengaturan Pada Persimpangan Tidak Bersinyal

3.3.1 Rambu

Rambu lalu lintas adalah bagian dari perlengkapan jalan yang memuat lambang, huruf, angka, kalimat atau perpaduan diantaranya, yang digunakan untuk memberikan peringatan, larangan, perintah dan petunjuk bagi pemakai jalan, rambu yang sering digunakan diantaranya:

a. Rambu Yield

Rambu ini digunakan untuk melindungi arus lalu lintas dari salah satu ruas jalan pada ruas jalan yang saling berpotongan tanpa arus berhenti sama sekali.

b. Rambu Berhenti

Rambu berhenti digunakan bila pengendara pada kaki simpang harus berhenti secara penuh sebelum memasuki simpang dan digunakan pada pertemuan antara jalan minor dan jalan mayor. Pemasangan rambu berhenti dilakukan pada seluruh kaki simpang dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a.) Adanya persimpangan dengan kendaraan lain yang mendapat prioritas seperti kereta api misalnya.
- b.) Jarak pandangan pengemudi tidak memenuhi syarat karena kondisi geometrik maupun oleh sebab lainnya.
- c.) Angka kecelakaan cukup tinggi.

3.3.2 Kanalisasi Simpang

Kanalisasi merupakan daerah perkerasan yang lebih luas, untuk melayani gerakan membelok pada kanal yang banyak, sementara badan jalan diberi tanda panah dan garis untuk membantu manuver kendaraan, biasanya diperlukan pula pemisah fisik dengan membangun pulau lalu lintas dan disediakan ruang cadangan untuk pengontrolan sudut pendekatan dan kecepatan kendaraan dengan mengarahkan arus sehingga memudahkan pengemudi dan memberikan kemudahan dalam pengoperasian kendaraan.

3.3.3 Bundaran

Bundaran merupakan sebuah pulau yang lebih tinggi dari permukaan jalan yang berada di tengah-tengah simpang. Pengemudi yang memasuki simpang pada saat melihat adanya bundaran di tengah sudah akan terkondisi untuk memperlambat laju kendaraannya.

3.3.4 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

Lalu Lintas pada suatu persimpangan yang diatur dengan alat pemberi isyarat lalu lintas harus mematuhi aturan yang disampaikan oleh isyarat lampu tersebut. Pengaturan dengan APILL ini dikatakan berhasil ditentukan dengan berkurangnya penundaan waktu untuk melalui persimpangan dan berkurangnya angka kecelakaan pada persimpangan yang bersangkutan.

3.3.5 Persimpangan Tidak Sebidang (Interchange)

Persimpangan tidak sebidang adalah apabila suatu lajur lalu lintas atau jalan dinaikkan ke atas jalan yang lain melalui penggunaan jembatan atau terowongan. Hal ini akan menghilangkan konflik dan mengurangi volume lalu lintas pada daerah tersebut serta akan mengurangi hambatan. Biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan persimpangan tidak sebidang cukup besar

3.4 Prosedur Perhitungan Analisis Simpang Tidak Bersinyal

Prosedur perhitungan analisis simpang tidak bersinyal menggunakan MKJI 1997. Metode ini memperkirakan pengaruh terhadap kapasitas dan ukuran-ukuran terkait akibat kondisi geometrik lingkungan dan kebutuhan lalu lintas. Ukuran-ukuran kinerja simpang tidak bersinyal dapat diperkirakan dalam kondisi tertentu sehubungan dengan geometrik lingkungan dan kebutuhan lalu lintas adalah :

1. Kapasitas (C)
2. Derajat Kejenuhan (DS)
3. Tundaan (D)
4. Peluang antrian (QP%)

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.

3.5 Arus Lalu Lintas Simpang Tidak Bersinyal

Kondisi arus lalu lintas terdiri dari berbagai komposisi kendaraan, sehingga volume lalu lintas menjadi lebih praktis jika dinyatakan dalam jenis kendaraan standar. Standar tersebut yaitu mobil penumpang sehingga dikeal dengan satuan mobil penumpang (smp). Untuk mendapatkan volume lalu lintas dalam satuan smp, maka diperlukan faktor konversi dari berbagai macam kendaraan menjadi mobil penumpang. Faktor konversi tersebut dikenal dengan ekivalen mobil penumpang (emp).

Tabel III. 1 Nilai Ekivalensi Mobil Penumpang Simpang Tidak Bersinyal

Jenis Kendaraan	Notasi	Nilai emp
Kendaraan Ringan	LV	1,0
Kendaraan Berat	HV	1,3
Sepeda Motor	MC	0,5
Kendaraan Tidak Bermotor	UM	-

Sumber: MKJI, 1997

3.6 Data Masukan Analisis Simpang Tidak Bersinyal

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

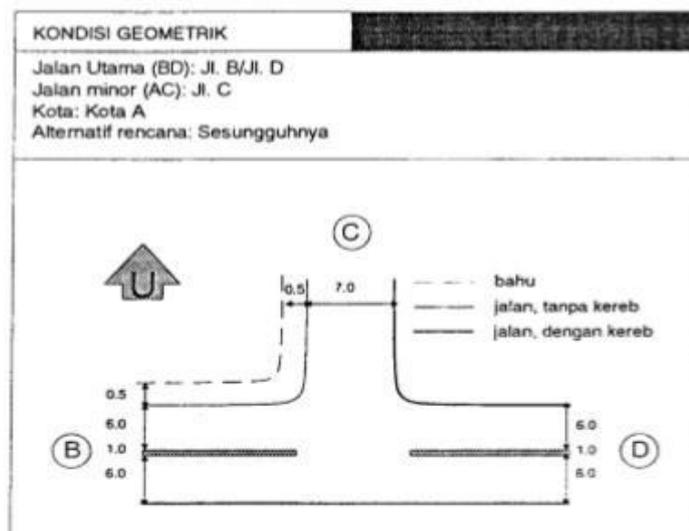
1. Kondisi Geometrik Persimpangan

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 (WA) adalah bagian pendekat yang diperkeras yang digunakan oleh lalu lintas buangan setelah melewati persimpangan jalan.
- f.) Lebar masuk (WMASUK) adalah lebar bagian pendekat yang diperkeras, diukur pada garis henti.
- g.) Lebar Keluar (WKELUAR) adalah lebar bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan oleh lalu lintas berangkat setelah melewati persimpangan jalan.

Sketsa geometrik jalan yang dimasukkan ke dalam formulir USIG-I dibedakan menjadi jalan mayor dan minor dengan cara pemberian nama untuk setiap lengan simpang, jalan yang menerus selalu dikatakan jalan mayor (utama). Pada sketsa jalan harus diterangkan dengan jelas kondisi geometrik yang dimaksud seperti lebar jalan, lebar bahu dan lain-lain. Sketsa pola geometrik jalan didapat dengan cara survei langsung atau dengan gambar existing yang ada.

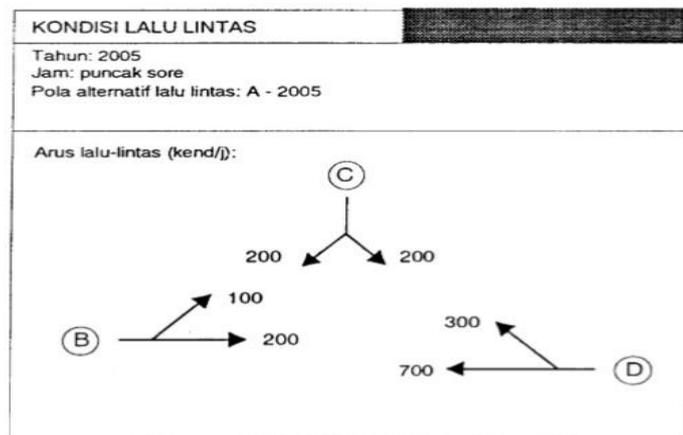


Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 6 Sketsa Kondisi Geometrik

2. Kondisi Lalu Lintas

Sketsa arus lalu lintas sangat diperlukan terutama untuk merencanakan atau perubahan sistem pengaturan simpang dari tidak bersinyal menjadi simpang bersinyal ataupun rekayasa sistem satu arah.



Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 7 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.) Faktor Ukuran Kota (Fcs)

Faktor koreksi ukuran Kota ditentukan dari daftar tabel dibawah ini:

Tabel III. 2 Faktor Penyesuaian Kota

Ukuran Kota	Penduduk (Juta)	Faktor Koreksi Ukuran Kota
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

Tipe lingkungan jalan dibedakan sesuai klasifikasikan menurut kelas tataguna lahan jalan tersebut dari aktifitas sekitarnya hal ini ditetapkan secara kualitatif dari pertimbangan teknik lalu lintas dengan bantuan tabel dibawah ini:

Tabel III. 3 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 (Fsf)

Kelas hambatan samping dapat dikatakan seperti pejalan kaki berjalan atau menyebrangi jalur, angkutan kota dan bus yang berhenti untuk menaikkan dan menurunkan penumpang dan kendaraan yang masuk keluar jalur. Hambatan samping ditentukan secara kuantitatif dengan pertimbangan teknik lalu lintas sebagai Tinggi, Sedang dan Rendah.

3.6.1 Kapasitas Simpang 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 menurut (MKJI 1997). Kapasitas total suatu persimpangan dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian antara kapasitas dasar C_0 dan faktor-faktor penyesuaian F (MKJI 1997).

Menghitung kapasitas simpang menurut MKJI 1997 dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$C = Co \times Fcw \times Fm \times Fcs \times Frsu \times Flt \times Frt \times Fmi$$

Rumus III. 1 Perhitungan Kapasitas Simpang

Sumber: MKJI, 1997

Dimana diketahui :

- C : Kapasitas (smp/jam)
- Co : Kapasitas Dasar (smp/jam)
- Fcw : Faktor Koreksi Mulut Persimpangan
- Fm : Faktor Koreksi Median Pada Jalan Utama
- Fcs : Faktor Koreksi Ukuran Kota
- Frsu : Faktor Koreksi Faktor Lingkungan
- Flt : Faktor Koreksi Kendaraan Belok Kiri
- Frt : Faktor Koreksi Kendaraan Belok Kanan
- Fmi : Faktor Kendaraan Rasio Arus Jalan Minor

Faktor-faktor di atas dirinci dalam Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 1997, antara lain sebagai berikut :

a. Kapasitas Dasar (Co)

Kapasitas dasar dihitung berdasarkan yang ditentukan berdasarkan tabel daftar di bawah ini :

Tabel III. 4 Kapasitas Dasar Persimpangan Tidak Bersinyal

Tipe Samping	Kapasitas Dasar (Smp/jam)
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

Sumber : MKJI, 1997

b. Faktor Koreksi Mulut Persimpangan (F_{cw})

Untuk faktor koreksi lebar mulut persimpangan dihitung dengan rumus berikut :

Tabel III. 5 Faktor Koreksi Mulut Persimpangan

Tipe Persimpangan	F_w
422	0,70 + 0,0866 W ₁
424 atau 444	0,61 + 0,0740 W ₁
322	0,73 + 0,0760 W ₁
324 atau 344	0,62 + 0,0646 W ₁
342	0,67 + 0,0698 W ₁

Sumber : MKJI, 1997

Faktor koreksi lebar mulut simpang apabila semakin besar akan menurunkan nilai tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

c. Faktor Koreksi Median Pada Jalan Utama (F_m)

Faktor koreksi rata-rata untuk jalan raya, nilai ini hanya digunakan untuk jalan raya dengan 4 lajur. Faktor koreksi rata-rata di jalan utama ditentukan idengan imenggunakan daftar tabel berikut.

Tabel III. 6 Faktor Koreksi Median Pada Jalan Utama

Tipe median pada jalan utama	Tipe M	Faktor Koreksi Median (FM)
Tidak ada median	Tidak ada	1.00
Lebar > 3 m	Sempit	1.05
Lebar ≤ 3m	Lebar	1.20

Sumber : MKJI, 1997

Faktor koreksi median pada jalan utama apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

d. Faktor Koreksi Ukuran Kota (Fcs)

Faktor koreksi ukuran Kota ditentukan dari daftar tabel dibawah ini :

Tabel III. 7 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Ukuran Kota	Penduduk (Juta)	Faktor Koreksi Ukuran Kota
Sangat Kecil	< 0.1	0.82
Kecil	0.1 – 0.5	0.83
Sedang	0.5 – 1.0	0.94
Besar	1.0 – 3.0	1.00
Sangat Besar	> 3.0	1.05

Sumber : MKJI, 1997

- e. Faktor Koreksi Lingkungan, Hambatan Samping dan Kendaraan tidak bermotor (Frsu)

Tabel III. 8 Faktor Koreksi Lingkungan, Hambatan Samping dan Kendaraan tidak bermotor

Lingkungan Jalan	Hambatan samping	Rasio untuk kendaraan tidak bermotor (Pum)					
		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	0.70
	Rendah	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.71
Permukiman	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

Ketika faktor koreksi lingkungan dan gesekan samping dan kendaraan tidak bermotor lebih besar, tundaan dan antrian di persimpangan berkurang.

- f. Faktor Koreksi Kendaraan Belok Kanan (Frt)

Faktor penyesuaian belok kanan menggunakan rumus :

$$Prt = \frac{rt}{Q}$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 2 Perhitungan Kendaraan Belok Kanan

Keterangan :

Prt = jumlah belok kanan dibagi jumlah total volume pada Lengan yang sama.

$$Frt = 1.09 - 0.92 Prt$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 3 Faktor Penyesuaian Belok kanan

Faktor koreksi kendaraan belok kanan diatas apabila simpang terdiri dari 3 lengan, namun apabila simpang terdiri dari 4 lengan Frt adalah 1,0. Faktor koreksi kendaraan belok kanan apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

g. Faktor Koreksi Kendaraan Belok Kiri (Flt)

Faktor penyesuaian belok kiri dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Plt = \frac{lt}{Q}$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 4 Perhitungan Kendaraan Belok kiri

Keterangan :

Plt = Jumlah yang belok kiri dibagi jumlah total volume pada Lengan yang sama.

$$Flt = 0.84 + 1.61 Plt$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 5 Faktor Koreksi Kendaraan Belok Kiri

Faktor koreksi kendaraan belok kiri apabila semakin besar akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

h. Faktor Koreksi Rasio Jalan Arus Minor (Fmi)

Untuk mencari proporsi rasio jalan arus minor menggunakan rumus berikut:

$$P_{mi} = \frac{Q_{minor}}{Q_{total}}$$

Rumus III. 6 Faktor koreksi arus jalan minor

Sumber: MKJI, 1997

Kemudian Untuk mencari rumus faktor koreksi rasio jalan arus minor menggunakan rumus:

Tabel III. 9 Faktor Arus Jalan Minor

Tipe	Fmi	Pmi
422	$1,19 \times P_{mi}^2 - 1,19 \times P_{mi} + 1,19$	0,1-0,9
424	$16,6 \times P_{mi}^4 - 33,3 \times P_{mi}^3 + 25,3 \times P_{mi}^2 -$	0,1-0,3
444	$8,6 \times P_{mi} + 1,95$	
	$1,11 \times P_{mi}^2 - 1,11 \times P_{mi} + 1,11$	0,3-0,9
322	$1,19 \times P_{mi}^2 - 1,19 \times P_{mi} + 1,19$	0,1-0,5
	$(-0,595) \times P_{mi}^2 + 0,595 \times P_{mi}^3 + 0,74$	0,5-0,9
342	$1,19 \times P_{mi}^2 - 1,19 \times P_{mi} + 1,19$	0,1-0,5
	$2,38 \times P_{mi}^2 - P_{mi} + 1,49$	0,5-0,9
324 344	$16,6 \times P_{mi}^2 - 33,3 \times P_{mi}^3 + 25,3 \times P_{mi}^2 -$	0,1-0,3
	$8,6 \times P_{mi} + 1,95$	
	$1,11 \times P_{mi}^2 - 1,11 \times P_{mi} + 1,11$	0,3-0,5
	$-0,555 \times P_{mi}^2 + 0,555 \times P_{mi} + 0,69$	0,5-0,9

Sumber : MKJI, 1997

Semakin besar Faktor koreksi rasio jalan minor maka akan menambah tundaan dan antrian pada sebuah simpang.

3.6.2 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat Kejenuhan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$DS = \frac{Q_{tot}}{C}$$

Rumus III. 7 Perhitungan Derajat Kejenuhan

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

DS : Derajat Kejenuhan

C : Kapasitas (smp/jam)

Qtot : Jumlah arus total pada simpang (smp/jam)

Besarnya waktu tundaan dalam detik/smp tergantung pada besarnya derajat kejenuhan.

Penghitungan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang menggunakan rumus:

- Untuk $DS > 0,6$

$$D = 1.0504 / (0.2742 - 0.2042 DS) - (1 - DS) \times 2$$

Rumus III. 8 Tundaan Jika $DS > 0,6$

Sumber: MKJI, 1997

- Untuk $DS < 0,6$

$$D = 2 + 8,2078 DS - (1 - DS) \times 2$$

Rumus III. 9 Tundaan Jika $DS < 0,6$

Sumber: MKJI, 1997

3.6.3 Tundaan (D)

Tundaan pada persimpangan adalah total waktu hambatan rata-rata yang dialami oleh kendaraan sewaktu melewati suatu simpang. Hambatan dapat dikatakan terjadinya antrian yang diakibatkan oleh kendaraan berhenti pada persimpangan sampai kendaraan itu keluar dari

persimpangan. Nilai tundaan mempengaruhi nilai waktu tempuh kendaraan. Semakin tinggi tundaan maka semakin tinggi pula waktu tempuh. Tundaan terdapat berbagai jenis diantaranya:

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

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

- Untuk $DS \leq 0,6$ dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Rumus III. 10 Tundaan Rata-rata Simpang $DS \leq 0,6$

Sumber: MKJI, 1997

- Untuk $DS \geq 0,6$ dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Rumus III. 11 Tundaan Rata-rata Simpang $DS \geq 0,6$

Sumber: MKJI, 1997

b. Tundaan rata-rata untuk jalan mayor (DTma)

Rata-rata tundaan pada jalan utama dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- Untuk $DS > 0,6$ dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$DTma = 1.05034 / (0.346 - 0.246 \times DS) - (1 - DS) 1,8$$

Rumus III. 12 Tundaan jalan mayor $DS > 0,6$

Sumber: MKJI, 1997

- Untuk $DS < 0,6$ dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$DTma = 1,8 + 5,8234 DS - (1 - DS) 1,8$$

Rumus III. 13 Tundaan jalan mayor $DS < 0,6$

Sumber: MKJI, 1997

c. Tundaan rata-rata untuk jalan minor

Hitung tundaan rata-rata untuk rute akhir menggunakan rumus:

$$D_{mi} = (Q_{tot} \times D_{tot} - Q_{ma} \times D_{ma}) / Q_{mi}$$

Rumus III. 14 Tundaan jalan minor

Sumber: MKJI, 1997

d. Tundaan Geometrik Simpang (DG)

- Untuk $DS < 1,0$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DG = (1-DS) \times (P_t \times 6 + (1-P_t) \times 3) + DS \times 4$$

Rumus III. 15 Perhitungan Tundaan Geometrik Simpang $DS < 1,0$

Sumber: MKJI, 1997

- Untuk $DS \geq 1,0$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DG = 4 \text{ detik/smp}$$

Rumus III. 16 Perhitungan Tundaan Geometrik Simpang $DS \geq 1,0$

Sumber: MKJI, 1997

e. Tundaan Simpang (D)

$$D = DT + DG$$

Rumus III. 17 Perhitungan Tundaan Lalu lintas

Sumber: MKJI, 1997

3.6.4 Peluang Antrian

Rentang nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan.

Menghitung Peluang antrian dengan menggunakan rumus:

$$\text{Batas atas } QP\% = 47,71 \times DS - 24,68 \times DS^2 + 56,47 \times DS^3$$

$$\text{Batas bawah } QP\% = 9,02 \times DS + 20,66 \times DS^2 + 10,49 \times DS^3$$

Rumus III. 18 Perhitungan peluang antrian

Sumber: MKJI, 1997

3.7 Prosedur Perhitungan Analisis Kinerja Simpang Bersinyal

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

3.7.1 Data Masukan Analisis Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu. Data masukan pada analisis simpang bersinyal akan diuraikan secara rinci tentang keseluruhan dari kondisi simpang yang akan dikaji, adapun beberapa data yang dibutuhkan berupa:

- a. Kondisi Geometrik
- b. Kondisi Arus Lalu lintas
- c. Kondisi Pengaturan Lalu lintas
- d. Kondisi Lingkungan

Fungsi utama lampu pengatur lalu lintas adalah untuk mengurangi konflik-konflik yang terjadi pada persimpangan dengan menghentikan beberapa pergerakan arus kendaraan dan pada saat bersamaan memberikan kesempatan bagi arus kendaraan lain untuk bergerak. Pada umumnya pengaturan lalu lintas dengan menggunakan sinyal digunakan untuk beberapa tujuan, yaitu:

- a. Menghindari terjadinya kemacetan pada simpang yang disebabkan oleh adanya konflik arus lalu dengan menjaga kapasitas yang tertentu selama kondisi tertentu.
- b. Memberi kesempatan kepada kendaraan lain atau pejalan kaki dan jalan simpang yang lebih kecil untuk memotong jalan utama.
- c. Mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas akibat pertemuan kendaraan yang berlawanan arah.

Arus lalu lintas pada setiap pergerakan dikonversi dari kendaraan/jam menjadi satuan mobil penumpang (smp/jam) dengan

menggunakan nilai ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan. Nilai emp tiap jenis kendaraan untuk simpang bersinyal berdasarkan pendekatnya ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel III. 10 Nilai Ekivalensi Mobil Penumpang Simpang Bersinyal

Tipe Kendaraan	emp	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
LV	1	1
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

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.

- a. Pendekat Rasio Kendaraan Belok Kiri (PLT) dan Rasio Belok Kanan (PRT) Untuk pendekat rasio kendaraan belok kiri PLT dan rasio belok kanan PRT yang sesuai untuk arus LT dan RT, dengan dihitung menggunakan Rumus 2.16 dan Rumus 2.17.

$$PLT = LT / \text{Total Volume}$$

Rumus III. 19 Perhitungan Rasio Kendaraan Belok Kiri

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

PLT = Rasio kendaran belok kiri

LT = Volume kendaraan belok kiri (smp/jam)

$$PRT = RT / \text{Total Volume}$$

Rumus III. 20 Perhitungan Rasio Kendaraan Belok Kanan

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

PRT = Rasio kendaraan belok kanan

RT = Volume kendaraan belok kanan (smp/jam)

b. Pendekat Rasio Kendaraan Tidak Bermotor (PUM)

Pendekat rasio kendaraan tidak bermotor dengan membagi arus kendaraan tidak bermotor QUM kend/jam dengan arus kendaraan bermotor QMV kend/jam, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Berikut adalah perhitungan pendekat rasio kendaraan tidak bermotor ditunjukkan pada rumus berikut:

$$PUM = \frac{QUM}{QMV}$$

Rumus III. 21 Perhitungan Pendekat Rasio Kendaraan Tidak Bermotor

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

PUM = Rasio kendaraan tak bermotor dan kendaraan bermotor

QUM = Arus kendaraan tak bermotor (kend/jam)

QMV = Arus kendaraan bermotor (kend/jam)

3.7.2 Penggunaan Sinyal

Penggunaan fase sinyal yakni berupa penentuan fase sinyal serta menghitung waktu antar hijau dan waktu hilang.

1. Penentuan Fase Sinyal

Biasanya pengaturan dua fase dicoba sebagai kejadian dasar, karena biasanya menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah dari pada tipe fase sinyal lain dengan pengatur fase yang biasa dengan pengatur fase konvensional.

2. Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut (kuning + merah semua) dapat dianggap sebagai

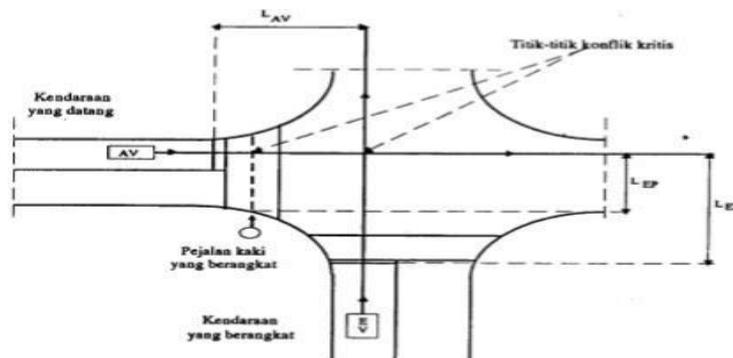
nilai normal, nilai normal waktu antar hijau dilihat berdasarkan ukuran simpang atau lebar jalan rata-rata, yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel III. 11 Nilai Normal Waktu antar-hijau

Ukuran Simpang	Lebar jalan Rata-Rata	Nilai Normal waktu antar-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.



Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 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 berikut:

$$\text{Waktu Merah Semua} = [(LEV + IEV)/VEV - LAV/VAV]$$

Rumus III. 22 Perhitungan Waktu Merah

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan

LEV, LAV = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

IEV = Panjang kendaraan yang datang (m)

VEV, VAV = Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det)

Nilai-nilai sementara dapat dipilih dengan ketiadaan aturan Indonesia akan hal ini.

- a. Kecepatan kendaraan yang datang
VAV : 10 m/det (kend.bermotor)
- b. Kecepatan kendaraan yang berangkat
VEV : 10 m/det (kend. bermotor)
VEV : 3 m/det (kend.tidak bermotor)
VEV : 1.2 m/det (pejalan kaki)
- c. Panjang kendaraan yang berangkat
IEV : 5 m (LV atau HV)
IEV : 3 m (MC atau 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 berikut:

$$LTI = \Sigma(\text{Merah Semua} + \text{Kuning})I = \Sigma IG_i$$

Rumus III. 23 Perhitungan Waktu Hilang

Sumber: MKJI, 1997

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

3.7.3 Penentuan Waktu Sinyal

Penentuan waktu sinyal ada beberapa faktor-faktor yang harus diketahui dan ditentukan 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

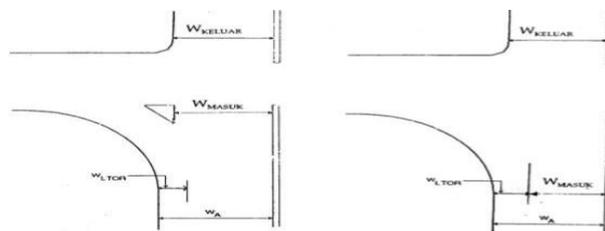
Identifikasi dari setiap pendekat apabila dua gerakan lalu lintas pada suatu pendekat diberangkatkan pada fase yang berbeda. Menentukan tipe pendekat terlindung (P) atau terlawan (O)

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}).

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 III. 9 Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu lintas

3. Arus Jenuh Dasar

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

$$S_0 = 600 \times W_e$$

Rumus III. 24 Arus Jenuh Dasar

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan :

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

W_e : lebar masuk satu pendekat (m)

4. Faktor Penyesuaian

Ada beberapa faktor penyesuaian yang berpengaruh terhadap nilai arus diantaranya adalah:

a.) Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{cs})

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

Tabel III. 12 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
> 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 (F_{sf})

Faktor penyesuaian hambatan samping F_{sf} adalah fungsi dari jenis lingkungan jalan. Jika hambatan samping tidak diketahui, dapat dianggap tertinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar,

Tabel III. 13 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
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
Akses Terbatas (RA)	tinggi/sedang/ rendah	terlawan	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
	tinggi/sedang/ rendah	terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88

Sumber: MKJI, 1997

c.) Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_g)

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

d.) Faktor Penyesuaian Parkir (F_p)

Faktor koreksi 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.

$$F_p = ((L_p/3 - (w_a - 2)) \times (L_p /3 - g) / w_a) / g)$$

Rumus III. 25 Faktor Penyesuaian Parkir

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan :

L_p : jarak antar garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama

W_a : lebar pendekat

g : waktu hijau pendekat

e.) Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{rt})

Ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah).

$$F_{rt} = 1,0 + P_{rt} \times 0,26$$

Rumus III. 26 Penyesuaian belok kanan F_{rt}

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

FRT = Faktor penyesuaian belok kanan

PRT = Rasio kendaraan belok kanan

f.) Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri

$$F_{lt} = 1,0 - P_{lt} \times 0,16$$

Rumus III. 27 Penyesuaian Belok Kiri F_{lt}

Sumber: MKJI, 1997

Dengan:

FLT = Faktor penyesuaian belok kiri

PLT = Rasio kendaraan belok kiri

g.) Arus Jenuh (S)

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

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{sf} \times F_g \times F_p \times F_{rt} \times F_{lt}$$

Rumus III. 28 Perhitungan Arus Jenuh Simpang Bersinyal

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan :

S = arus jenuh

S₀ = arus jenuh dasar

F_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota

F_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping

F_g = faktor penyesuaian kelandaian

F_p = faktor penyesuaian parkir

F_{rt} = faktor penyesuaian kendaraan belok kanan

F_{lt} = faktor penyesuaian kendaraan belok kiri

5. Waktu Siklus

Untuk menentukan besarnya waktu siklus yang diperlukan oleh persimpangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

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

Rumus III. 29 Waktu Siklus

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

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

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang Σ (PRcrit)

6. Waktu Hijau (g_i)

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 :

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

Rumus III. 30 Waktu Hijau

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan :

g_i : waktu hijau efektif untuk fase 1

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

LTI : Waktu hilang total per siklus (det)

PR_i : Rasio fase $FR_{crit} / \Sigma (FR_{crit})$

7. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai dengan waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI) dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$c = g + LTI$$

Rumus III. 31 Perhitungan Waktu Siklus

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

c = Waktu siklus yang disesuaikan (smp/jam)

g = Total waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

3.7.4 Kapasitas

Penentuan kapasitas jalan ditentukan oleh seberapa banyak kendaraan yang dapat ditampung oleh simpang, jika kapasitas melebihi maka dilakukan tindakan dengan melakukan penambahan lebar pendekat.

1. Kapasitas

Untuk perhitungan kapasitas pada masing – masing pendekat menggunakan rumus berikut ini :

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

Rumus III. 32 Perhitungan Kapasitas Lengan Simpang

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus (det)

2. 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 :

$$DS = Q/C$$

Rumus III. 33 Derajat Kejenuhan

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

3.7.5 Perilaku Lalu Lintas

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

1. Panjang 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 perhitungan jumlah antrian menggunakan rumus berikut ini :

a.) $NQ1$ = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya Untuk menentukan jumlah antrian yang datang selama fase merah digunakan rumus sebagai berikut ini :

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS-1)^2 + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS-0,5)}{C}} \right]$$

Rumus III. 34 Perhitungan Jumlah Antrian smp

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

$NQ1$ = Jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau

DS = Derajat kejenuhan

b.) $NQ2$ = jumlah smp yang datang selama fase merah

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

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

Rumus III. 35 Perhitungan $NQ2$

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

$NQ2$ = Jumlah smp yang datang selama fase merah

C = Kapasitas

GR =

DS = Derajat kejenuhan

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

$$NQ_{tot} = NQ_1 + NQ_2$$

Rumus III. 36 Perhitungan NQ_{total}

Sumber: MKJI, 1997

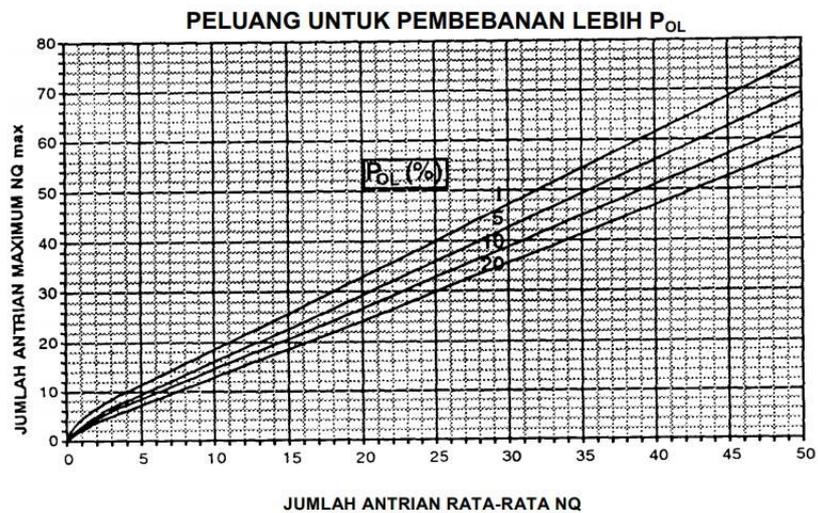
Keterangan:

NQ_{tot} : Jumlah total dari kendaraan antri

NQ_1 : Jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau

NQ_2 : Jumlah smp yang datang selama fase merah

Untuk mendapatkan berapa NQ_{MAX} dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 10 Perhitungan Jumlah Antrian (NQ_{max}) dalam SMP

d.) Panjang Antrian

Untuk menghitung panjang antrian dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$QL = (NQ_{maks} \times 20) / W_{masuk}$$

Rumus III. 37 Rumus Panjang Antrian

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan :

QL : panjang antrian (m)

NQMAX : Jumlah maksimum dari kendaraan antri

WMASUK : Lebar masuk (m)

2. Kendaraan Terhenti

a.) Angka Henti (NS)

Untuk Angka Henti masing-masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk terhenti berulang dalam antrian) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$NS = 0,9 \times NQ / Q_{xc} \times 3600$$

Rumus III. 38 Perhitungan Angka Henti

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan :

NS : Angka Henti (smp/jam)

NQ : jumlah antrian

Q : arus lalulintas (smp/jam)

C : waktu siklus (detik) Setelah menghitung Angka Henti,

untuk menghitung jumlah kendaraan terhenti (N_{sv}) masing masing pendekat dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_{sv} = Q \times NS$$

Rumus III. 39 Perhitungan Kendaraan Terhenti

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

NSV = Kendaraan terhenti (smp/jam)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

NS = Angka henti

b.) Tundaan (D)

Setiap pendekat tundaan lalulintas rata – rata ditimbulkan akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan – gerakan lainnya pada simpang. Untuk menghitung tundaan lalulintas rata – rata dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

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

Rumus III. 40 Perhitungan Tundaan Lalu Lintas Rata-rata Pada Pendekat

Sumber: MKJI, 1997

Keterangan:

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)

Tundaan geometrik pada masing – masing Lengan simpang dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$DG = (1-NS) \times Pt \times 6 + (NS \times 4)$$

Rumus III. 41 Tundaan Geometrik Pada Masing-masing Lengan

Sumber: MKJI,1997

3.7.6 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. Bimaputra (2017) menekankan bahwa kinerja segmen jalan secara umum dapat dinyatakan dalam hal kecepatan, waktu tempuh, kebebasan bergerak, kenyamanan, keselamatan atau keselamatan pengemudi.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No 96 Tahun 2015, disebutkan bahwa tingkat pelayanan pada simpang digunakan untuk memperhitungkan faktor tundaan dan kapasitas simpang.

Tabel III. 14 Tingkat Pelayanan Simpang

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

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun