

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Simpang merupakan bagian dari jaringan jalan, pada daerah perkotaan persimpangan dapat dikatakan sebagai salah satu penyebab permasalahan lalu lintas karena persimpangan menjadi suatu titik bertemunya dua jalan atau lebih bergabung menyebabkan terjadinya konflik antara kendaraan satu dengan kendaraan lainnya dari arah yang berbeda.

2.1 Persimpangan Jalan

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).

Suatu arus lalu lintas dapat dikatakan lancar apabila arus lalu lintas tersebut dapat melewati jalan raya tanpa hambatan yang berarti. Masalah yang timbul pada persimpangan harus cepat ditanggulangi karena persimpangan dimanfaatkan bersama-sama oleh setiap orang yang ingin menggunakannya, maka persimpangan tersebut harus dirancang dengan hati-hati dengan mempertimbangkan efisiensi, keselamatan, kecepatan, biaya operasi dan kapasitas, pergerakan lalu lintas yang terjadi dan urutan-urutannya dapat ditangani dengan berbagai cara, tergantung pada jenis persimpangan yang dibutuhkannya (AASHTO, 2001, dalam Khisty dan Lall, 2003).

Adapun masalah masalah yang terkait pada persimpangan adalah :

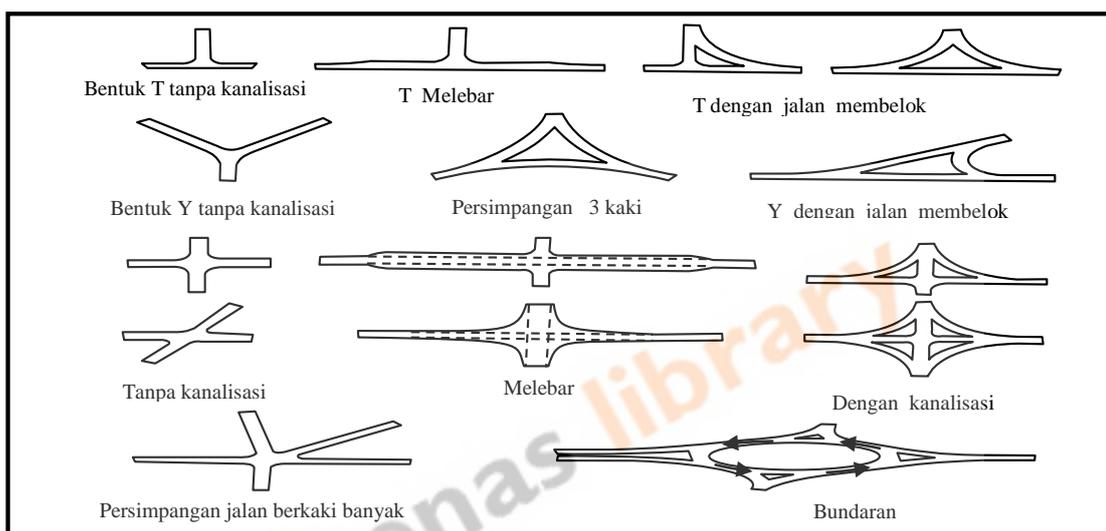
1. Volume dan kapasitas (secara langsung mempengaruhi hambatan).
2. Desain geometrik dan kebebasan pandangan.
3. Perilaku lalu lintas dan panjang antrian.
4. Kecepatan.
5. Pengaturan lampu jalan.
6. Parkir.
7. Kecelakaan dan keselamatan.

2.1.1 Persimpangan Sebidang (*Intersection*)

Persimpangan sebidang adalah persimpangan dimana dua jalan atau jalan raya atau lebih bergabung pada satu bidang, dengan tiap jalan raya mengarah keluar dari sebuah persimpangan. Persimpangan sebidang terdiri atas beberapa bentuk, diantaranya :

- Simpang tiga, persimpangan dengan 3 cabang jalan dan dapat berbentuk T atau Y.
- Simpang empat, persimpangan dengan 4 cabang jalan.
- Persimpangan dengan banyak cabang jalan.

Berikut bentuk-bentuk simpang sebidang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



(Sumber: Morlok, E. K., 1991)

Gambar 2.1 Bentuk - Bentuk Simpang Sebidang

2.1.2 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.

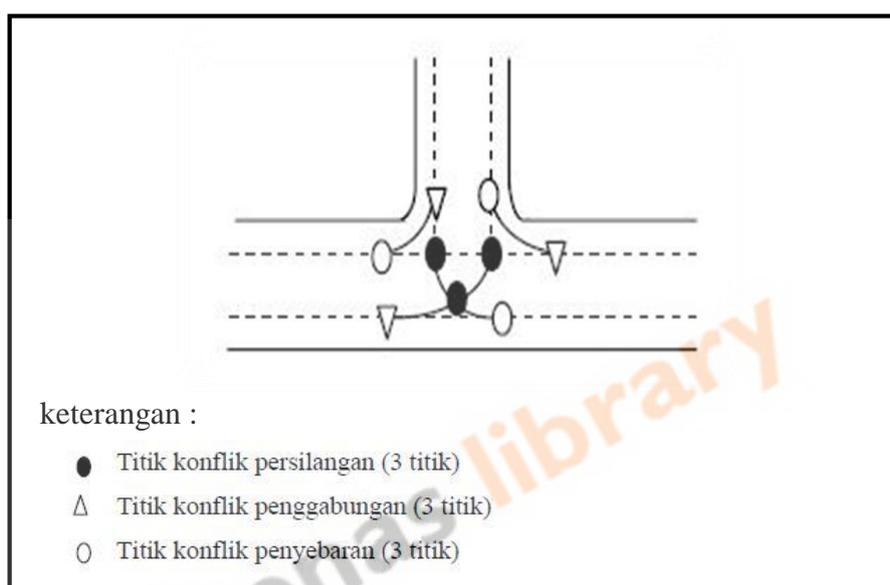
2.1.3 Konflik Persimpangan

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, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2. 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 2.2 Aliran Kendaraan di Simpang Tiga Lengan/Pendekat.

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.

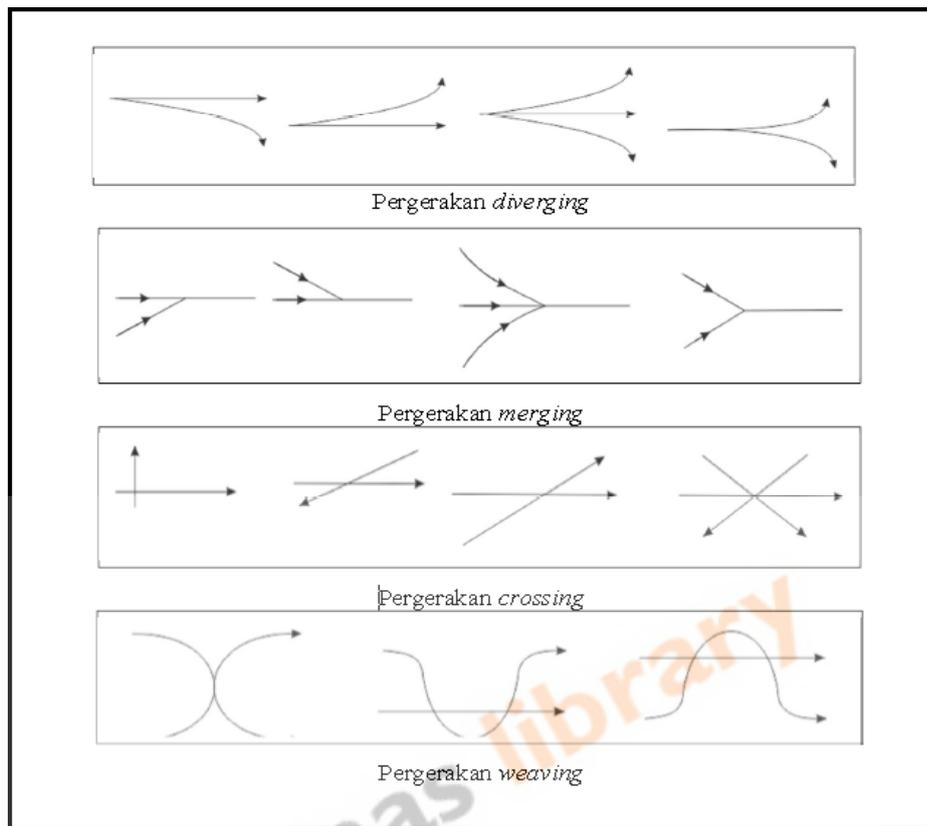
3. Persilangan (*Crossing*)

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.

Bentuk-bentuk pergerakan yang terjadi pada persimpangan jalan ditunjukkan pada Gambar 2.3.



(Sumber: Prasetyanto, D, 2008)

Gambar 2.3 Bentuk – Bentuk Dasar Pergerakan di Persimpangan

2.2 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:

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

2.3 Jenis-jenis Pengaturan Pada Persimpangan Tidak Bersinyal

Pengaturan yang dapat dilakukan pada simpang tidak bersinyal diantaranya:

2.3.1 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 (Wikipedia), rambu yang sering digunakan diantaranya.

a. Rambu *Yield*

Rambu ini dipasang pada jalan minor pada simpang. Pengemudi dari arah jalan minor yang melihat rambu ini diwajibkan untuk memperlambat laju kendaraan dari jalan minor dan baru boleh meneruskan perjalanan bila kondisi lalu lintas pada jalan mayor cukup aman. Berikut adalah rambu *yield* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



(Sumber: Safetysign.com, 2018)

Gambar 2.4 Rambu *Yield*

b. Rambu Stop

Rambu stop digunakan apabila pengemudi memasuki kaki persimpangan harus berhenti secara penuh sebelum memasuki persimpangan. Pemasangan rambu stop dilakukan pada seluruh kaki simpang dengan pertimbangan sebagai berikut:

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

Berikut adalah rambu stop yang dipasang pada kaki simpang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



(Sumber: Fineartamerica.com, 2018)

Gambar 2.5 Rambu Stop

2.3.2 Kanalisasi Simpang

Pemasangan kanalisasi simpang bertujuan untuk memisahkan lajur lalu lintas antara jalur menerus dan jalur belok. Kanalisasi dapat berupa pulau dengan menggunakan *kerb* yang lebih tinggi dari jalan ataupun hanya berupa garis marka. Selain sistem pengendalian lalu lintas kanalisasi dapat digunakan untuk:

- 1) Pengurangan daerah dimana sering terjadinya konflik seperti persimpangan.
- 2) Lalu lintas berkumpul pada simpang yang tajam.
- 3) Pengendali kecepatan kendaraan lalu lintas yang masuk ke persimpangan.
- 4) Larangan belok bagi kendaraan.
- 5) Keamanan pejalan kaki.
- 6) Persiapan penempatan rambu atau lampu lalu lintas.

Berikut adalah kanalisasi simpang berupa pulau dengan menggunakan *kerb* yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



(Sumber: Killeshal.com, 2018)

Gambar 2.6 Kanalisasi Simpang

2.3.3 Bundaran (*Roundabout*)

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. Berikut adalah bundaran yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



(Sumber: local.theonion.com, 2018)

Gambar 2.7 Bundaran (*Roundabout*)

2.3.4 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. Berikut adalah alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) yang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



(Sumber: local.theonion.com, 2018)

Gambar 2.8 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)

2.3.5 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. Berikut adalah persimpangan tidak sebidang (*Interchange*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.9.



(Sumber: Thestarphoenix.com, 2018)

Gambar 2.9 Persimpangan Tidak Sebidang (*Interchange*)

2.4 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 geometri, lingkungan dan kebutuhan lalu lintas. 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.

Cara mengukur kinerja dapat diperkirakan untuk kondisi tertentu sehubungan dengan geometri, lingkungan dan lalu lintas dengan metoda yang diuraikan dalam metode ini adalah:

- a. Kapasitas
- b. Derajat kejenuhan
- c. Tundaan
- d. 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 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). Nilai satuan mobil penumpang (emp) tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 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)

2.6 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:

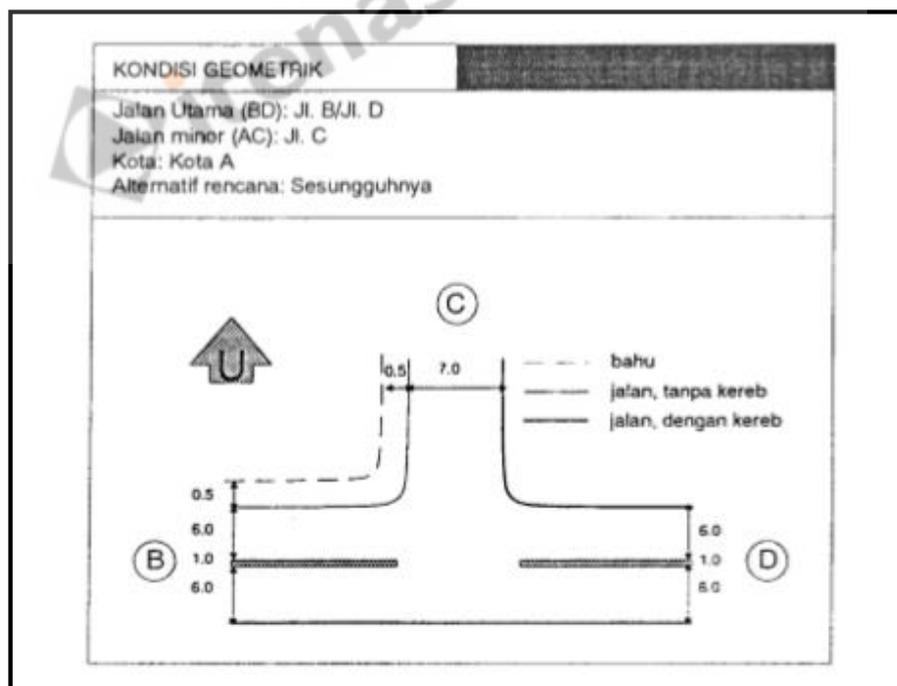
1. Kondisi Geometrik Persimpangan

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 (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 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. Berikut adalah sketsa kondisi geometrik dapat dilihat pada Gambar 2.10.

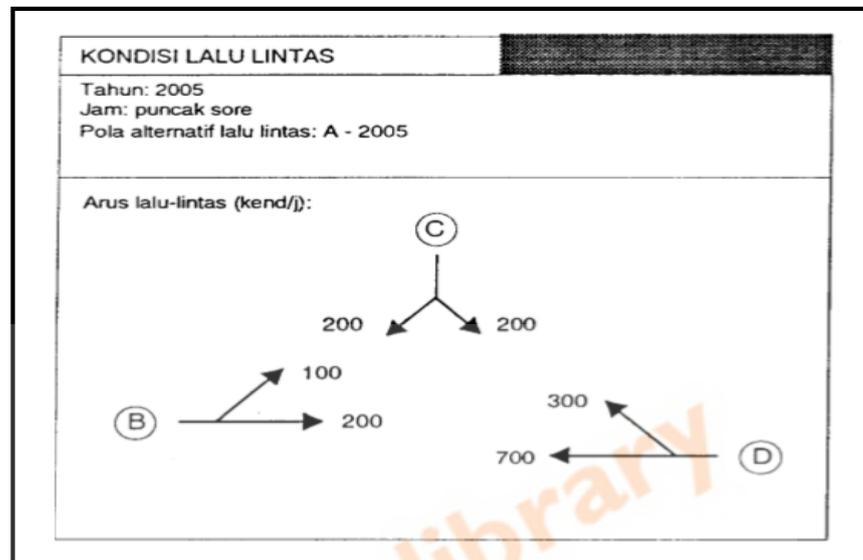


(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.10 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. Contoh sketsa kondisi lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 2.11.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.11 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 (FCS)

Faktor ini hanya dipengaruhi oleh variabel besar kecilnya jumlah penduduk dalam juta, seperti tercantum dala Tabel 2.2.

Tabel 2.2 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

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 2.3.

Tabel 2.3 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 (F_{SF})

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.

2.6.1 Kapasitas Sempang 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 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

- FM = Faktor koreksi tipe median jalan Fcs
- Fcs = Faktor koreksi ukuran kota
- FRSU = Faktor penyesuaian kendaraan tidak bermotor, hambatan samping dan lingkungan jalan.
- FLT = Faktor penyesuaian belok kiri
- FRT = Faktor penyesuaian belok kanan
- FMI = Faktor penyesuaian rasio arus minor

a. Kapasitas Dasar (Co)

Nilai kapasitas dasar dapat dari variabel tipe simpang (IT). Didapat data kapasitas dasar (Co) untuk dimasukan pada formulir UISG-II. Kapasitas dinyatakan dalam smp/jam dapat ditentukan dengan menggunakan kapasitas per lajur dan ditentukan dengan tipe simpang jalan tersebut. Kapasitas dasar (Co) dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kapasitas Dasar (Co)

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 Lebar Pendekat (Fw)

Penyesuaian lebar pendekat (Fw) diperoleh dari Faktor penyesuaian lebar pendekat diambil dari lebar rata-rata semua pendekat (WI) dan tipe simpang (IT).

Untuk tipe simpang 322 dapat dihitung menggunakan Rumus 2.2.

$$322 : Fw = 0,73 + 0,0760 W_I \dots\dots\dots(2.2)$$

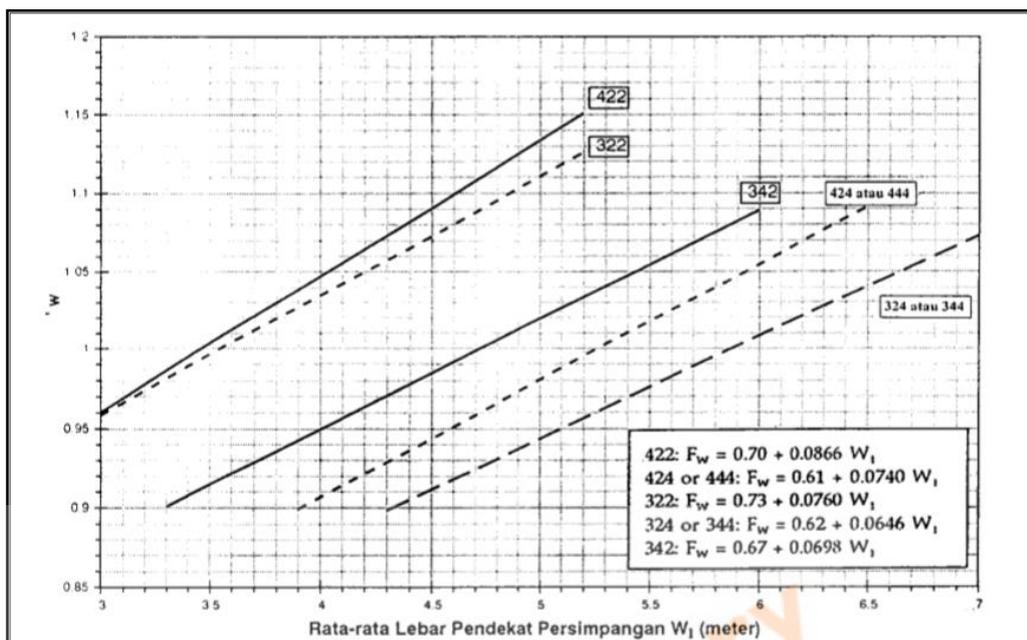
Untuk tipe simpang 324 atau 344 dapat dihitung menggunakan Rumus 2.3.

$$324 : Fw = 0,63 + 0,0646 W_I \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

WI = Lebar pendekat rata-rata

Berikut adalah grafik faktor penyesuaian lebar pendekat (F_w) yang ditunjukkan pada Gambar 2.12.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.12 Rata-rata pendekat persimpangan W_1 (meter)

c. Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (F_M)

Faktor penyesuaian median ada beberapa tipe diantaranya lebar, sempit dan tidak ada median. Faktor penyesuaian median jalan didapat dari Tabel 2.5.

Tabel 2.5 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 \geq 3m	Lebar	1,20

(Sumber: MKJI, 1997)

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

Faktor penyesuaian kota dapat dilihat jumlah penduduk pada kota tersebut untuk mendapatkan nilai koreksi faktor penyesuaian kota (F_{cs}) dapat dilihat dari Tabel. Berikut adalah Tabel faktor penyesuaian ukuran kota (F_{cs}) yang ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

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)

e. Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping Dan Kendaraan Tidak Bermotor (FSRU)

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tidak bermotor FSRU ditentukan oleh hasil survei dilapangan dengan melihat tipe lingkungan jalan, kelas hambatan samping dan resiko kendaraan tidak bermotor ditentukan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian

Jalan (RE)	Kelas hambatan samping (SF)	Rasio Kendaraan tak 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	0,71
	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)

f. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Perhitungan dilakukan dengan data masukan adalah belok kiri P_{LT} dari Formulir USIG-I Baris 20, Kolom 11, batas nilai yang diberikan untuk P_{LT} adalah rentang dasar empiris dari manual.

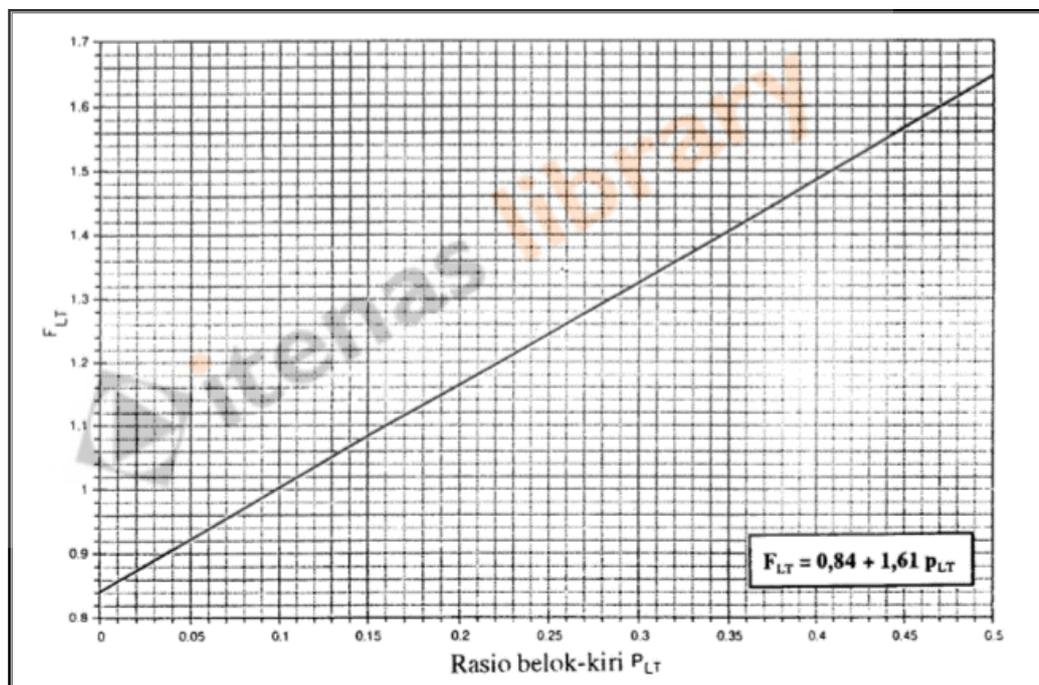
Faktor penyesuaian belok kiri dapat dihitung menggunakan Rumus 2.4.

$$F_{LT} = 0,84 + 1,61 P_{LT} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

P_{LT} = Rasio belok kiri

Berikut adalah grafik faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.13 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

g. Faktor Penyesuaian Tipe Belok Kanan (F_{RT})

Faktor ini untuk simpang tiga - lengan dihitung dengan data variabel masukan adalah belok kanan P_{RT} dari Formulir USIG-I Baris 22, Kolom 11, batas nilai yang diberikan untuk P_{RT} adalah rentang dasar empiris dari manual.

Faktor penyesuaian belok kanan 3 lengan dapat dihitung menggunakan Rumus 2.5.

$$F_{RT} = 1,09 - 0,922 P_{RT} \dots\dots\dots(2.5)$$

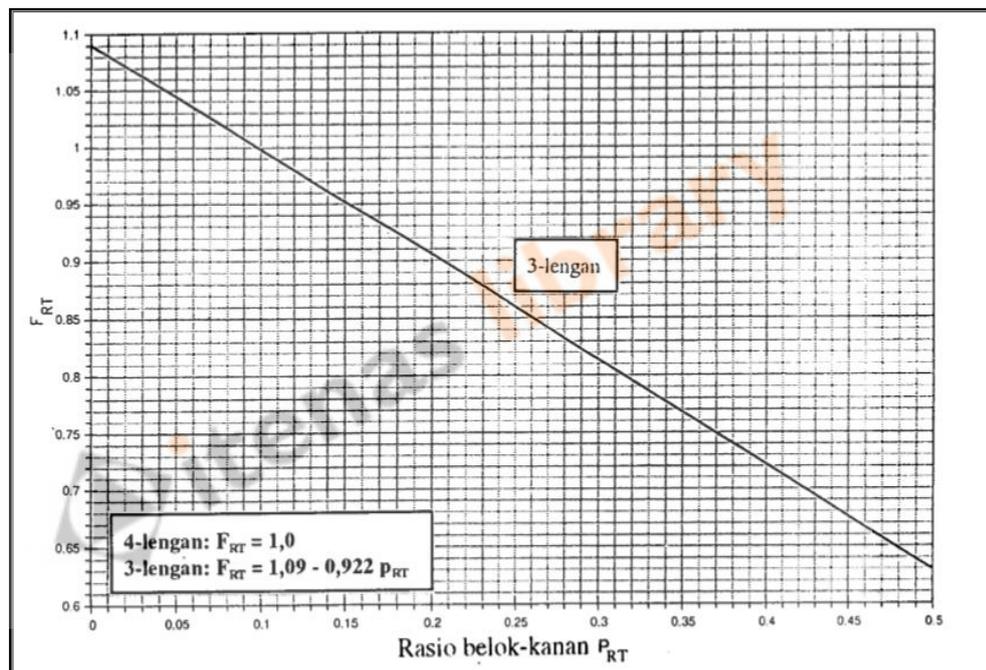
Faktor penyesuaian belok kanan 4 lengan dapat dihitung menggunakan Rumus 2.6.

$$F_{RT} = 1,0 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

P_{RT} = Rasio belok kanan

Berikut adalah grafik faktor penyesuaian belok kiri (F_{RT}) yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.14 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{RT})

h. Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})

Faktor ini ditentukan dari data variabel masukan rasio arus jalan minor (F_{MI} , dari formulir USIG-I, baris 24, kolom 10) dan tipe simpang IT. Untuk mendapatkan nilai koreksi faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI}) dapat dilihat dari Tabel 2.8.

Berikut adalah Tabel faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (F_{MI}) yang ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor (F_{MI})

IT	F_{MI}	P_{MI}
422	$1,19 \times p_{MI}^2 - 1,19 \times p_{MI} + 1,19$	0,1-0,9
424	$16,6 \times p_{MI}^4 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$	0,1 -0,3
444	$1,11 \times p_{MI}^2 - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$	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
	$2,38 \times p_{MI}^2 - 2,38 \times p_{MI} + 1,49$	0,5-0,9
324	$16,6 \times p_{MI}^2 - 33,3 \times p_{MI}^3 + 25,3 \times p_{MI}^2 - 8,6 \times p_{MI} + 1,95$	0,1-0,3
344	$1,11 \times p_{MI}^2 - 1,11 \times p_{MI} + 1,11$	0,3-0,5
	$-0,555 \times p_{MI}^2 + 0,555 \times p_{MI} + 0,69$	0,5-0,9

(Sumber: MKJI, 1997)

2.6.2 Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) merupakan rasio arus lalu lintas aktual (smp/jam) terhadap kapasitas (smp/jam), dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.7 sebagai berikut :

$$DS = Q_{TOT} / C \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

DS = Derajat kejenuhan

C = Kapasitas (smp/jam)

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

2.6.3 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 (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.

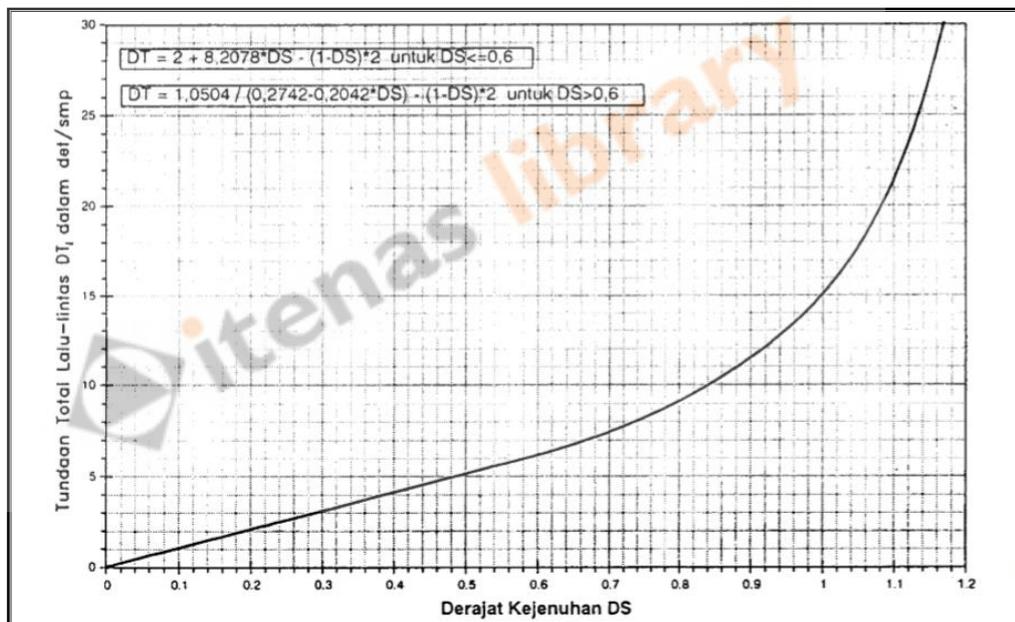
Untuk $DS \leq 0,6$ dapat dihitung menggunakan Rumus 2.8.

$$DT_I = 2 + (8,2078 \times DS) - [(1 - DS) \times 2] \dots \dots \dots (2.8)$$

Untuk $DS \geq 0,6$ dapat dihitung menggunakan Rumus 2.9.

$$DT_I = 1,0504 / (0,2742 - 0,2042 \times DS) - [(1 - DS) \times 2] \dots \dots \dots (2.9)$$

Berikut adalah grafik perbandingan tundaan lalu lintas rata-rata simpang (DT_I) dan derajat kejenuhan (DS) yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.15 Grafik Perbandingan Tundaan Lalu lintas dan Derajat kejenuhan

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 menuju persimpangan dari jalan utama. DT_{MA} ditentukan dari kurva empiris antara DT_{MA} dan DS :

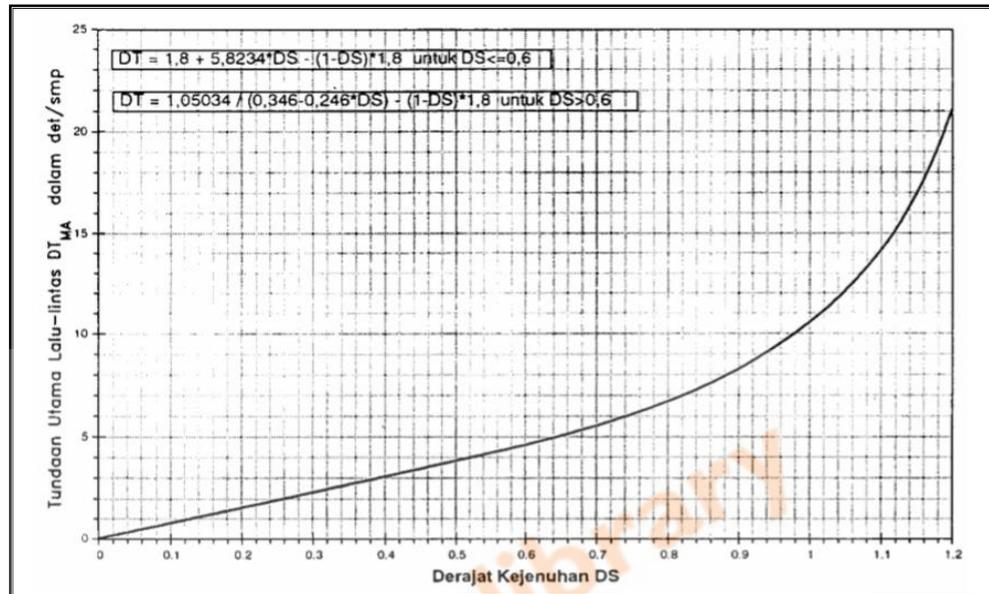
Untuk $DS \leq 0,6$ dapat dihitung menggunakan Rumus 2.10.

$$DT_{MA} = 1,8 + 5,8234 \times DS - (1-DS) \times 1,8 \dots \dots \dots (2.10)$$

Untuk $DS \geq 0,6$ dapat dihitung menggunakan Rumus 2.11.

$$DT_{MA} = 1,05034 / (0,346 - 0,246 \times DS) - [(1 - DS) \times 1,8] \dots \dots (2.11)$$

Berikut adalah grafik perbandingan tundaan lalu lintas rata-rata di jalan minor (DT_{MA}) da derajat kejenuhan (DS) yang ditunjukkan pada Gambar 2.16.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.16 Grafik Tundaan Lalulintas Simpang dengan Derajat Kejenuhan

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 2.12.

$$DT_{MI} = (QTOT \times DTI - QMA \times DT_{MA}) / QMI \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan :

$QTOT$ = 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 kondisi geometrik simpang. DG dapat dihitung dengan menggunakan persamaan ataupun rumus berikut.

Untuk $DS < 1,0$ dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.13.

$$DG = (1-DS) \times (PT \times 6 + (1 - PT) \times 3) + DS \times 4 \dots\dots\dots(2.13)$$

Untuk $DS \geq 1,0$ dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.14.

$$DG = 4 \text{ detik/smp} \dots\dots\dots(2.14)$$

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 2.15.

$$D = DG + DTI \dots\dots\dots(2.15)$$

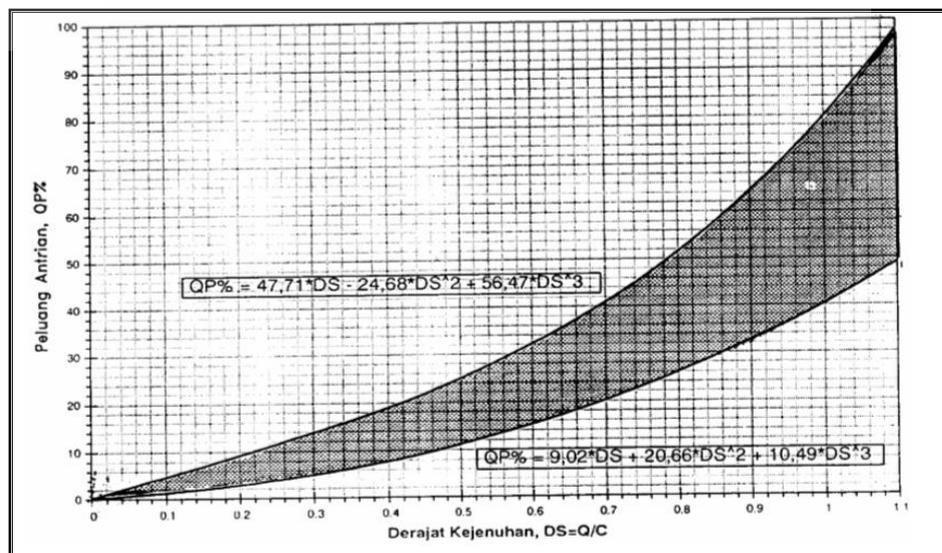
Dengan :

DG = Tudaan geometrik simpang

DTI = Tundaan lalu lintas simpang

2.6.4 Peluang Antrian (QP%)

Rentang nilai peluang antrian ditentukan dari hubungan empiris antara peluang antrian dan derajat kejenuhan. Berikut adalah grafik peluang antrian (QP%) dan derajat kejenuhan (DS) yang ditunjukkan pada Gambar 2.17.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.17 Grafik Rentang Peluang Antrian (QP%) Terhadap Derajat Kejenuhan (DS)

2.6.5 Penilaian Perilaku Lalu lintas

Perhitungan dengan menggunakan MKJI 1997 adalah untuk memperkirakan kapasitas dan perilaku lalu lintas pada suatu persimpangan dalam kondisi tertentu yang mencakup rencana geometrik jalan, arus 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 pada simpang tersebut setiap tahunnya.

2.7 Prosedur Perhitungan Analisis Kinerja Simpang Bersinyal

Prosedur perhitungan untuk simpang bersinyal pada persimpangan jalan Dr. Djunjunan – *underpass* jalan tol Pasteur menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia Tahun 1997 (MKJI 1997) dan memiliki beberapa tahapan langkah untuk mengetahui waktu siklus, kapasitas, dan perilaku lalu lintas.

2.7.1 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 pengatutan 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 2.9.

Tabel 2.9 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 (P_{LT}) dan Rasio Belok Kanan (P_{RT})

Untuk pendekat rasio kendaraan belok kiri P_{LT} dan rasio belok kanan P_{RT} yang sesuai untuk arus LT dan RT, dengan dihitung menggunakan Rumus 2.16 dan Rumus 2.17.

$$P_{LT} = LT / \text{Total Volume} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan:

- P_{LT} = Rasio kendaran belok kiri
- LT = Volume kendaraan belok kiri (smp/jam)

$$P_{RT} = RT / \text{Total Volume} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan:

- P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan
- RT = Volume kendaraan belok kanan (smp/jam)

b. Pendekat Ratio Kendaraan Tidak Bermotor (P_{UM})

Pendekat ratio kendaraan tidak bermotor dengan membagi arus kendaraan tidak bermotor Q_{UM} kend/jam dengan arus kendaraan bermotor Q_{MV} kend/jam, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

Berikut adalah perhitungan pendekatan ratio kendaraan tidak bermotor ditunjukkan pada Rumus 2.18.

$$P_{UM} = \frac{Q_{UM}}{Q_{MV}} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan:

P_{UM} = Rasio kendaraan tak bermotor dan kendaraan bermotor

Q_{UM} = Arus kendaraan tak bermotor (kend/jam)

Q_{MV} = Arus kendaraan bermotor (kend/jam)

2.7.2 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 2.10.

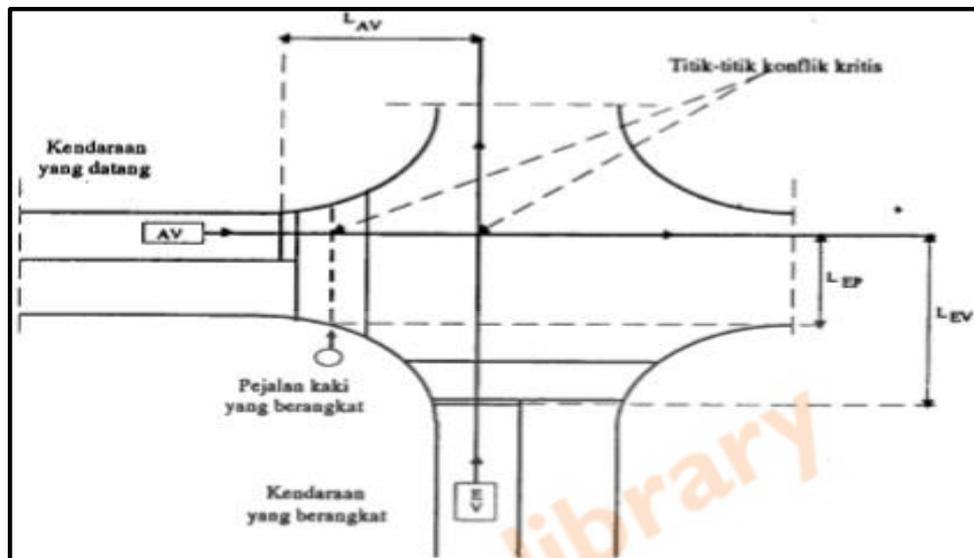
Tabel 2.10 Nilai Normal Waktu antar-hijau

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. Gambar 2.18 menunjukkan titik konflik kritis, jarak keberangkatan, dan kedatangan.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.18 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 2.19.

$$\text{Waktu Merah Semua} = \left[\frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \right] \dots\dots\dots(2.19)$$

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 sementara dapat dipilih dengan ketiadaan aturan di Indonesia akan hal ini.

- a. Kecepatan kendaraan yang datang V_{AV} : 10 m/det (kend.bermotor)
- b. Kecepatan kendaraan yang berangkat V_{EV} : 10 m/det (kend. bermotor)
 V_{EV} : 3 m/det (kend.tidak bermotor)

- V_{EV} : 1.2 m/det (pejalan kaki)
- c. Panjang kendaraan yang berangkat I_{EV} : 5 m (LV atau HV)
- I_{EV} : 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 2.18.

$$LTI = \sum(\text{Merah Semua} + \text{Kuning})I = \sum IG_i \dots \dots \dots (2.18)$$

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

2.7.3 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

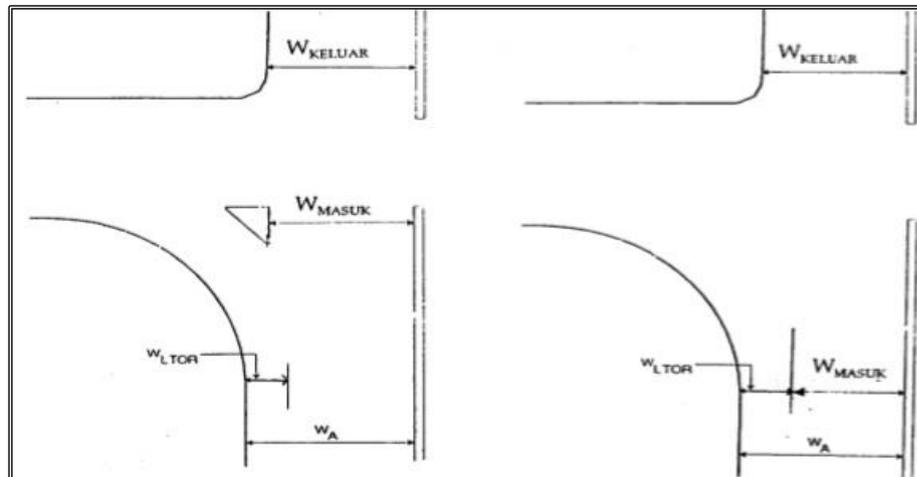
Identifikasi dari setiap pendekat apabila dua gerakan lalu lintas pada suatu pendekat diberangkatkan pada fase yang berbeda. Menentukan tipe pendekat terlindung (P) atau terlawan (0)

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 2.19.

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 2.19 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 terlindung (P) atau tipe terlawan (O).

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 2.19.

$$S_0 = 600 \times W_e \dots\dots\dots(2.19)$$

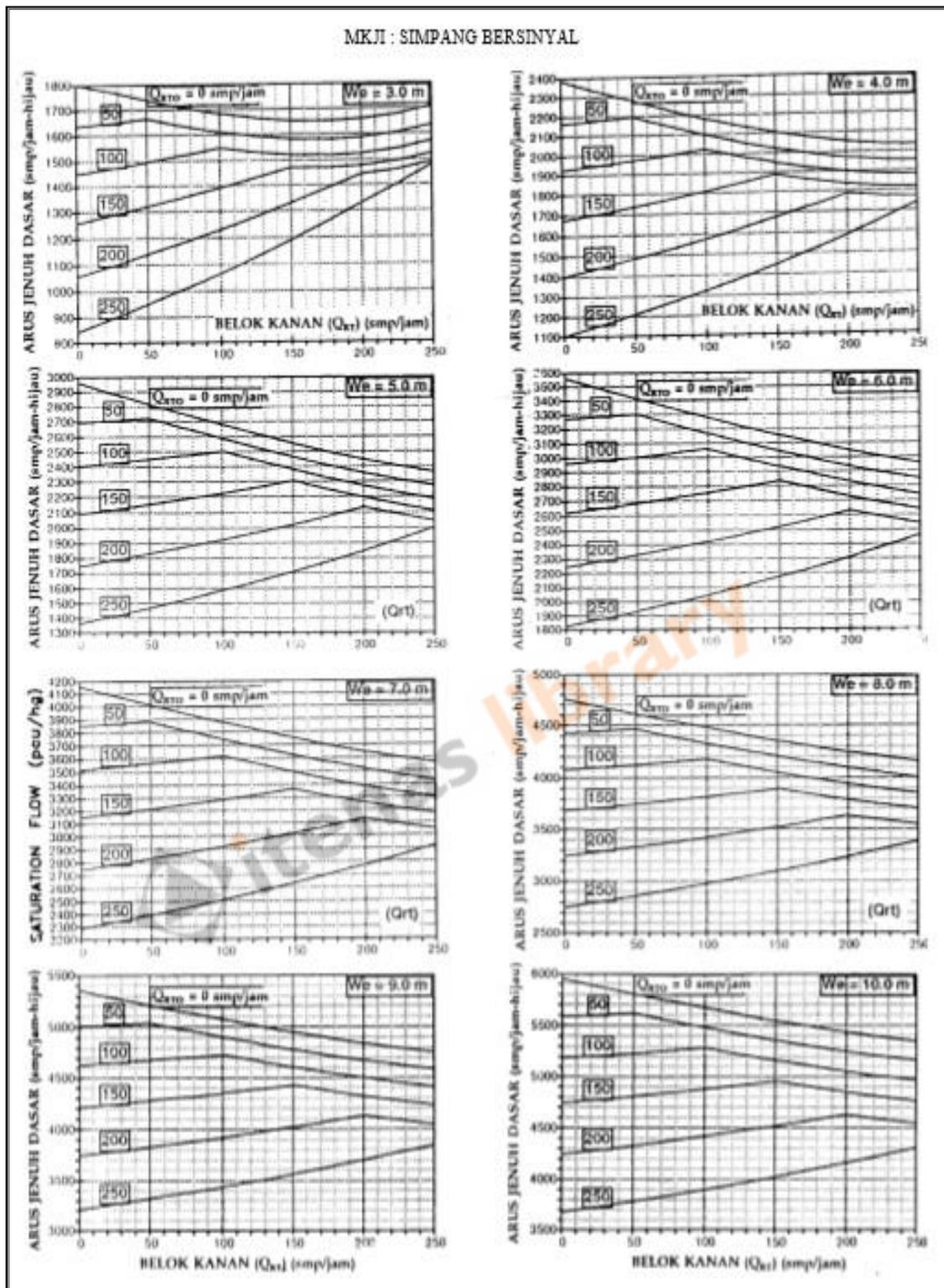
Dengan:

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

W_e = Lebar efektif

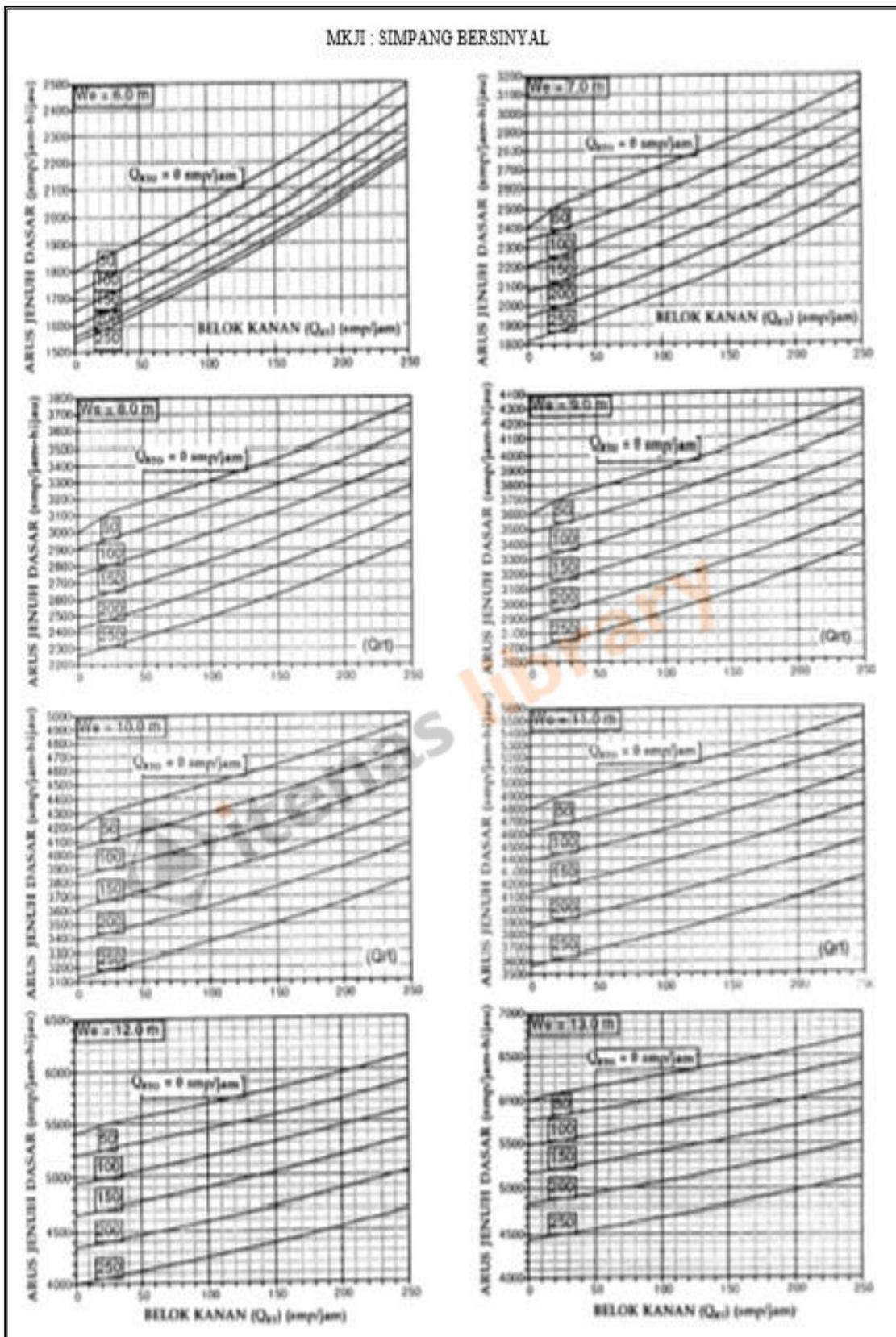
b. Pendekat Tipe O (Terlawan)

Untuk pendekat arus terlawan (tipe O) 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 2.20 dan Gambar 2.21.



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.20 Arus Jenuh dasar Pendekat Terlawan (O) tanpa Lajur Belok kanan terpisah



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.21 Arus Jenuh dasar Pendekat Terlawan (O) dengan Lajur Belok kanan terpisah

4. Faktor Penyesuaian

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

a. Faktor penyesuaian Ukuran Kota (F_c)

Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari Tabel 2.6 sebagai data masukan ukuran kota yang tercatat pada formulir SIG-I.

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, faktor ini ditentukan dari Tabel 2.11.

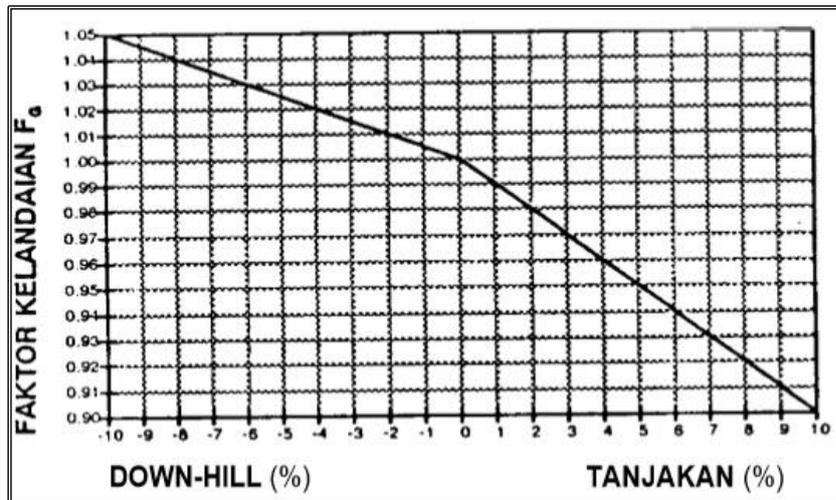
Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{SF})

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe Fase	Rasio kendaraan tidak 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
		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 (F_G)

Faktor penyesuaian kelandaian (F_G) dapat ditentukan dari Gambar 2.22.

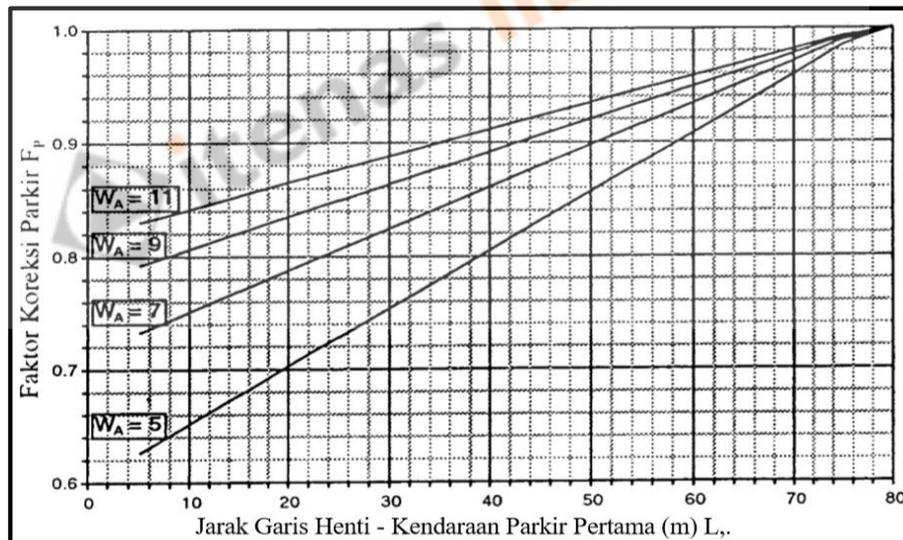


(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2.22 Faktor Penyesuaian Kelandaian

a. Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

Faktor penyesuaian Parkir (F_P) dapat ditentukan melalui Gambar 2.23



(Sumber: MKJI, 1997)

Gambar 2. 23 Faktor Penyesuaian Parkir

b. Faktor Penyesuaian Belok kanan (F_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan F_{RT} dapat ditentukan dari fungsi rasio kendaraan belok kanan P_{RT} . Hanya untuk pendekatan tipe P, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, atau dengan menggunakan Rumus 2.20.

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan:

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan

c. Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{LT})

Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri (P_{LT}) dan hanya untuk pendekatan tipe P tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk, dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.21.

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \dots \dots \dots (2.21)$$

Dengan:

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri

d. Arus Jenuh yang disesuaikan (S_0)

Nilai arus jenuh yang disesuaikan adalah pengalihan arus jenuh dasar S_0 dengan faktor-faktor penyesuaian F untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya dengan menggunakan Rumus 2.22.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \dots \dots \dots (2.22)$$

Dengan:

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

S_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam)

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

F_{SF} = Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor

F_G = Faktor penyesuaian kelandaian

F_P = Faktor penyesuaian parkir

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} = 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 dimasukan dalam nilai Q
- b. Jika $W_e = W_{KELUAR}$ hanya gerakan lurus saja yang dimasukan dalam nilai Q
- c. Jika suatu pendekat mempunya sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (O) dan yang lainnya arus terlindung (P). Hasilnya dimasukan kedalam baris untuk fase gabungan tersebut.

Untuk menghitung arus ratio (FR) masing-masing pendekat, dengan menggunakan Rumus 2.23.

$$FR = Q / S \dots\dots\dots(2.23)$$

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 2.24.

$$IFR = \sum(FRCrit) \dots\dots\dots(2.24)$$

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 2.21.

$$PR = FRCrit / IFR \dots\dots\dots(2.21)$$

Dengan:

- PR = Rasio fase
- FRCrit = Rasio arus kritis
- IFR = Rasio arus simpang

6. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

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

a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian (Cua) digunakan untuk pengendalian waktu tetap, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.25.

$$Cua = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \dots\dots\dots(2.25)$$

Dengan:

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

IFR = Rasio arus simpang \sum (PRcrit)

Nilai waktu siklus dibedakan atas beberapa kondisi, 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, waktu siklus yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 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 2.26.

$$g_i = (Cua - LTI) \times PR_i \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan:

G_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

PR_i = Rasio fase FRcrit / \sum (FRcrit)

c. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan (c) sesuai dengan waktu hijau yang diperoleh dan waktu hilang (LTI) dihitung dengan menggunakan Rumus 2.27.

$$c = g + LTI \dots \dots \dots (2.27)$$

Dengan:

c = Waktu siklus yang disesuaikan (smp/jam)

g = Total waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

2.7.4 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

Kapasitas merupakan suatu jumlah maksimum arus kendaraan yang melewati persimpangan, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.28.

$$C = S \times g/c \dots \dots \dots (2.28)$$

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 2.29.

$$DS = Q / C \dots \dots \dots (2.29)$$

Dengan:

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.7.5 Perilaku Lalu Lintas

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

1. Panjang Antrian

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 2.30 dan untuk $DS < 0,5$ $NQ_1 = 0$.

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times (DS-1) + [\sqrt{(DS-1)^2 + 8 \times (DS - 0,5)}] \dots\dots\dots(2.30)$$

Dengan:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = Derajat Kejenuhan

GR = Rasio hijau

C = Kapasitas (smp/jam) ($S \times GR$)

- b. Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) di hitung dengan menggunakan Rumus 2.31.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times DS} \times Q/3600 \dots\dots\dots(2.31)$$

Dengan:

NQ_2 = 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 2.32.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots(2.32)$$

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 2.33.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dengan:

QL = Panjang antrian(m)

NQ_{MAX} = Jumlah maksimum dari kendaraan antri

W_{MASUK} = Lebar masuk (m)

2. Kendaraan Terhenti (NS)

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 (NS_{TOT}).

a. Angka henti (NS) masing masing pendekat yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.34.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots(2.34)$$

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 2.35.

$$NSV = Q \times NS \dots\dots\dots(2.35)$$

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 2.36.

$$N_{STOT} = \sum N_{sv} / Q_{TOT} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dengan:

N_{STOT} = Angka henti seluruh simpang (smp/jam)

$\sum N_{sv}$ = Jumlah total kendaraan terhenti (smp/jam)

Q_{TOT} = Arus simpang total(kend/jam)

3. Tundaan (DT)

Tundaan terbagi menjadi 2 hal. Pertama tundaan lalu lintas DT yaitu tundaan yang terjadi karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lain pada suatu simpang, kemudian tundaan geometri DG karena perlambatan saat membelok pada suatu simpang atau terhenti lampu merah.

- a. Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT_j) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lain pada simpang, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.37.

$$DT_j = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots(2.37)$$

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 berbelok atau dihentikan oleh lampu merah, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.38.

$$DG_j = (1-PSV) \times PT \times 6 + (PSV \times 4) \dots\dots\dots(2.38)$$

Dengan:

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

PSV = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = $\text{Min}(NS, 1)$

PT = Rasio kendaraan berbelok

- c. Tundaan rata-rata untuk seluruh pendekat (D_1) dihitung dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{TOT}) dalam smp/jam, dihitung dengan menggunakan Rumus 2.39.

$$D_1 = (\sum (Q \times D_j)) / (Q_{TOT}) \dots \dots \dots (2.39)$$

Dengan:

D_1 = Tundaan rata-rata untuk seluruh pendekat (det/smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

Q_{TOT} = Arus Total (smp/jam)

D_j = $DT_j + DG_j$

2.8 Studi Terdahulu

Studi terdahulu dari beberapa referensi tentang evaluasi simpang tidak bersinyal telah dilakukan sebelumnya dipakai untuk mendasari penelitian ini. Berikut beberapa contoh studi terdahulu tentang evaluasi simpang tidak bersinyal:

1. Ronald Simatupang, (2003) melakukan penelitian mengenai “Studi Volume, Kecepatan dan Derajat kejenuhan pada Ruas Jalan Dr. Djunjunan, Bandung”. Pada penelitian ini dilakukan survei secara langsung pada jam sibuk yaitu pukul 08.00-10.00 WIB dan pada pukul 15.00-17.00 WIB. Dari hasil perhitungan didapatkan derajat kejenuhan (DS) untuk arah Barat-Timur adalah 0,54 sampai dengan 0,62, arah Timur-Barat berkisar antara 0,54 sampai dengan 0,62. Berdasarkan hasil perhitungan derajat kejenuhan $< 0,75$, maka ruas jalan Dr. Djunjunan masih cukup untuk menampung arus lalu lintas yang terjadi.
2. Bagus Danandaru, (2011) melakukan penelitian mengenai “Waktu Perjalanan dan Tundaan pada Jalan Gunung Batu, Bandung”. Pengamatan ini dilakukan sebanyak 6 kali perjalanan tiap arahnya. Total waktu tempuh rata-rata Jalan Gunung Batu arah (A-F) pada waktu sibuk sebesar 8,16 menit, arah sebaliknya (F-A) sebesar 9,04 menit. Sedangkan total waktu tunda rata-rata Jalan Gunung Batu arah (A-F) pada

waktu sibuk sebesar 3,26 menit, arah sebaliknya (F-A) sebesar 3,52 menit. Berdasarkan analisis dengan menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, didapatkan nilai derajat kejenuhan tertinggi pada waktu sibuk terjadi pada segmen 2 sebesar 1,538 dengan volume lalu lintas sebesar 3853 smp/jam/2 arah. Dari hasil analisis menggunakan MKJI tingkat kinerja jalan Gunung Batu buruk, karena nilai derajat kejenuhan pada beberapa segmen lebih dari 0,75.

3. Pristiwa Sugiharti, Wahyu Widodo, (2013) melakukan penelitian mengenai “Analisis Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus : Simpang 3 Tak Bersinyal Jl. Raya Seturan- Jl. Raya Babarsari- Jl. Kledokan, Depok, Sleman, Yogyakarta)”. Pada penelitian ini dilakukan survei secara langsung dengan pengambilan data lalu lintas pada hari senin, 25 Maret 2013 selama 12 jam dari jam 06.00-18.00 WIB dan selama 12 jam (06.00-18.00 WIB) pada hari sabtu, 15 Desember 2012 serta melakukan pengukuran langsung kondisi geometrik simpang dan data jumlah penduduk Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta tahun 2010. Dari hasil analisis menghasilkan volume lalu lintas (Q) sebesar 3.533,1 smp/jam; nilai kapasitas simpang ($Capacity$) sebesar 1898 smp/jam; derajat kejenuhan (DS) sebesar 1,862; tundaan ($Delay$) sebesar - 4,189 detik/smp; tundaan lalu lintas simpang (DT_i) sebesar -8,189 detik/smp; tundaan jalan utama (DT_{MA}) sebesar -7,828 detik/smp; tundaan simpang jalan minor (DT_{MI}) sebesar -8,793 detik/smp; dan peluang antrian ($Queue$) 156,14 % - 367,82 %. Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa kondisi operasional simpang rendah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai derajat kejenuhan $> 0,8$ (MKJI 1997). Dengan nilai DS yang tinggi menyebabkan nilai tundaan dan peluang antrian yang semakin besar. Nilai tundaan simpang yang bertanda negatif bahwa tundaan yang terjadi besar atau terlalu lama sehingga tidak ter-*record* lagi oleh rumus-rumus yang ada dalam MKJI 1997.