BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persimpangan

Persimpang anmerupakan bagian yang tidak terpisah dari semua sistem jalan. Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai daerah umum dimana dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk jalan dan fasilitas tepi jalan untuk pergerakan lalu lintas didalamnya. Tujuan dibuatnya persimpangan adalah untuk mengurangi potensi konflik diantara kendaraan (termasuk pejalan kaki) dan sekaligus menyediakan kenyamanan maksimum dan kemudahan pergerakan bagi kendaraan (Khisty dan Lall, 2005).

2.1.1 Jenis – jenis Persimpangan

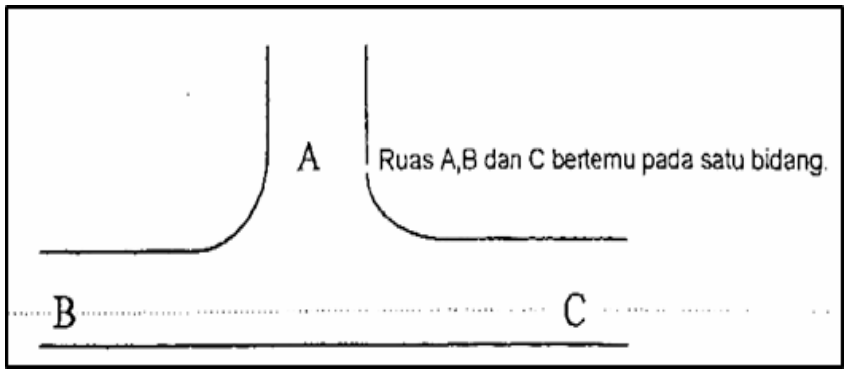
Secara garis besar persimpangan dapat dibagi menjadi 2 bagian:

1. Persimpangan sebidang, yaitu persimpangan dimana ruas jalan bertemu pada satu bidang, seperti terlihat pada Gambar 2.1.

   Menurut jenis fasilitas pengatur lalu lintasnya, persimpangan sebidang dibagi menjadi 2 bagian:

   a. Simpang APILL adalah persimpangan jalan yang pergerakan atau arus lalu lintas dari setiap pendekatnya diatur oleh alat pemberi isyarat lalu lintas untuk melewati persimpangan secara bergilir.

   b. Simpang Tanpa APILL adalah pertemuan jalan yang tidak menggunakan alat pemberi isyarat lalu lintas pada pengaturannya.

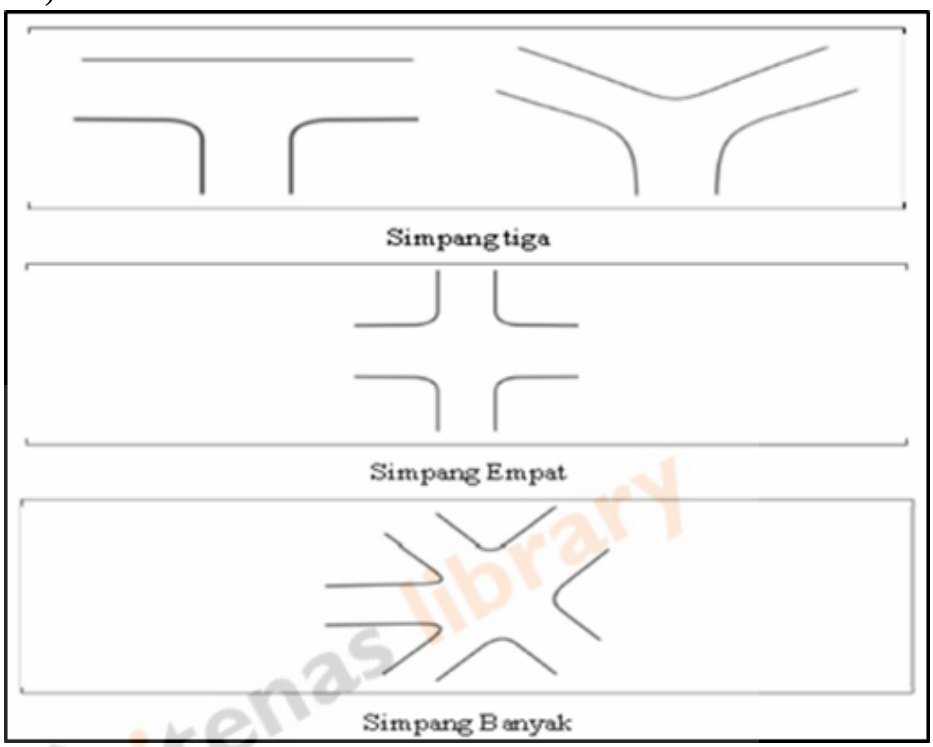


(Sumber : Prasetyanto, 2015)

Gambar 2.1 Persimpangan Sebidang (*Intersection at grade*)

Dilihat dari bentuknya ada beberapa macam persimpangan sebidang, yaitu:

- Persimpangan sebidang berkaki tiga (simpang tiga).
- Persimpangan sebidang berkaki empat (simpang empat).
- Persimpangan sebidang berkaki banyak (simpang dengan banyak cabang jalan).

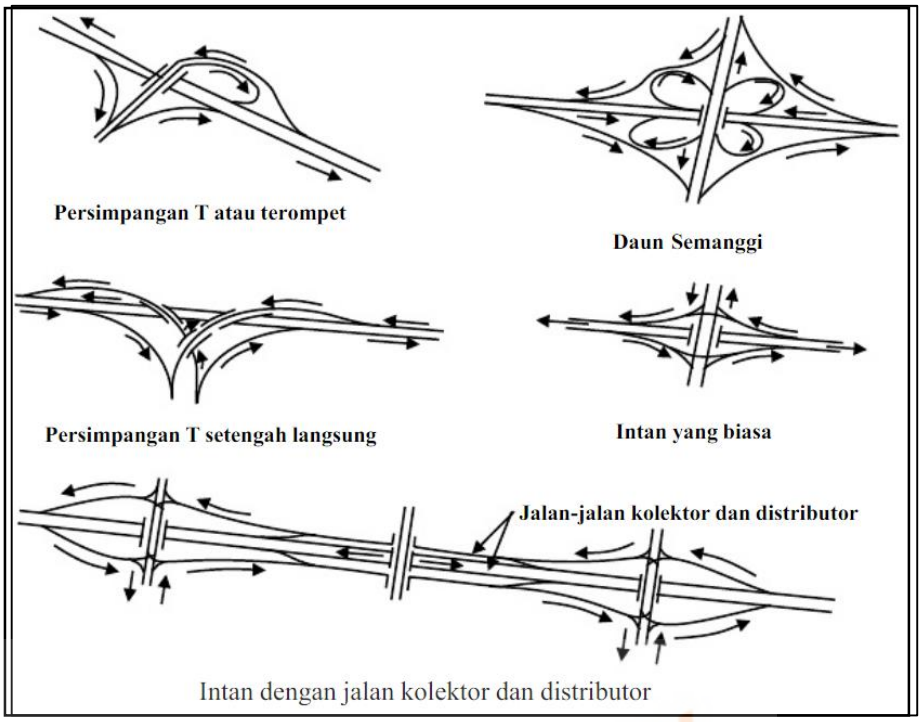


(Sumber :Prasetyanto, 2015)

Gambar 2.2 Bentuk Persimpangan Sebidang (Form *Intersection at grade*)

2. Persimpangan tidak sebidang

   Persimpangan tidak sebidang adalah persimpangan dengan ruas jalan bersilangan pada bidang yang berbeda atau elevasi yang berbeda sehingga kendaraan yang masuk dan atau keluar dari satu ruas jalan yang lain menggunakan *ramp*. Contoh dari persimpangan tidak sebidang adalah jalan layang (*flyover)* dan *underpass.*



Sumber : Morlok, E.K., 1991

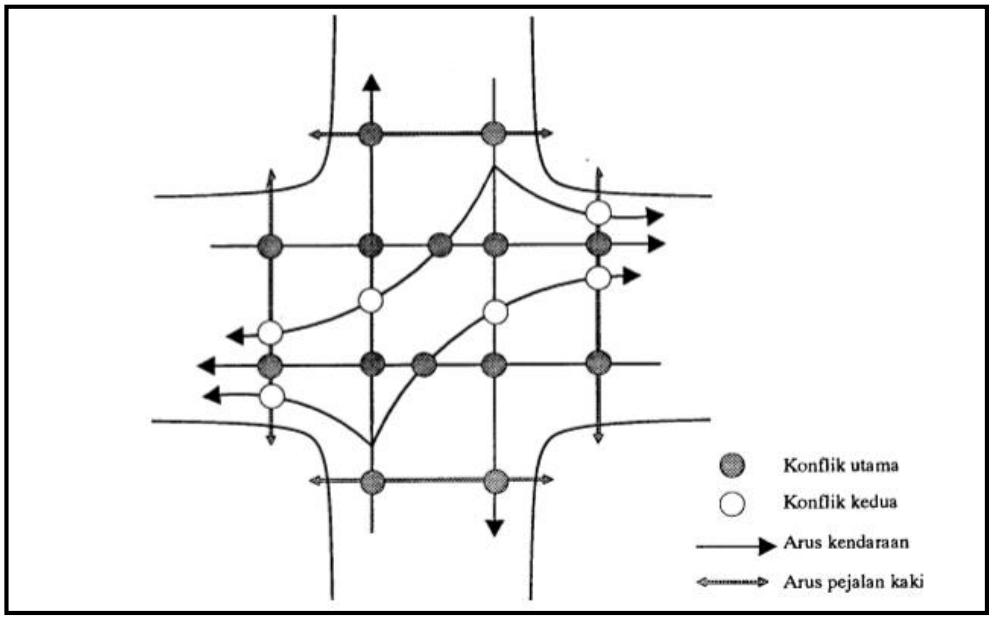
Gambar 2.3 Persimpangan tidak sebidang (*Interchange*)

2.1.2 Konflik pada Persimpangan

Daerah persimpangan adalah tempat lintasan kendaraan dan pejalan kaki yang akan berpotongan sehingga membentuk titik-titik konflik, konflik ini yang nantinya akan menghambat pergerakan dan menjadi tempat potensial terjadinya kecelakaan.

Arus lalu lintas yang mengalami konflik pada suatu persimpangan mempunyai tingkah laku yang komplek, setiap pergerakan belok kiri, belok kanan ataupun lurus akan menghadapi konflik yang berbeda dan berhubungan langsung dengan tingkah laku pergerakan tersebut. Adapun titik konflik dan jenis manuvernya dapat dilihat pada Gambar 2.4**.** Jumlah potensi titik-titik konflik pada persimpangan tergantung dari:

1. Jumlah kaki persimpangan.
2. Jumlah lajur dari kaki persimpangan.
3. Jumlah pengaturan persimpangan.
4. Jumlah arah pergerakan.



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga

Gambar 2.4 Konflik Primer dan Konflik Sekunder pada Simpang 4 Lengan

2.1.3 Tujuan Pengendalian Simpang

Pengaturan lalu lintas bertujuan untuk meningkatkan keselamatan arus lalulintas dengan memberikan petunjuk-petunjuk yang jelas dan terarah serta tidak menimbulkan keraguan. Pengendalian arus lalulintas di persimpangan berupa pengaturan dengan menggunakan lampu lalu lintas, marka, rambu dan median atau pulau lalulintas yang mengatur, mengarahkan dan memperingatkan pengguna jalan.

2.2 Kinerja Persimpangan Bersinyal Berdasarkan MKJI Tahun 1997

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kinerja adalah sesuatu yang dicapai atau kemampuan kerja, sehingga kinerja persimpangan adalah kemampuan persimpangan dalam melayani arus lalu lintas.

Kinerja persimpangan merupakan sesuatu besaran yang dapat diukur, sehingga dapat digunakan untuk tindakan penanganan baik berupa pengaturan arus lalu lintas maupun perancangan persimpangan jalan. Adapun nilai-nilai yang dapat diketahui dalam menganalisis kinerja pada persimpangan bersinyal yaitu kapasitas simpang (C), derajat kejenuhan (DS), panjang antrian (QL), rasio kendaraan henti (N_{SV}), dan tundaan kendaraan (D).

2.2.1 Data Masukan

Data masukkan merupakan data umum mengenai persimpangan yang akan dikaji. Data tersebut berupa data geometrik, pengaturan lalu lintas, kondisi lingkungan, dan kondisi arus lali lintas.

a. Geometrik, Pengaturan Lalu Lintas, dan Kondisi Lingkungan

Data geometrik yang diperlukan berupa data lebar pendekat masuk dan keluar, lebar jalur dan lajur, posisi pulau, dan data geometrik lainnya. Data pengaturan lalu lintas berupa data fase, waktu siklus, dan tipe pergerakan pada persimpangan. Data kondisi lingkungan berupa data ukuran kota, dan tipe lingkungan jalan.

b. Kondisi Arus Lalu Lintas

Kondisi arus lalu lintas merupakan data arus lalu lintas dalam kend/jam yang diubah menjadi smp/jam bagi masing-masing jenis kendaraan untuk kondisi terlindung dan/atau terlawan (yang sesuai tergantung pada pase sinyal dan gerakan belok kanan yang diizinkan) dengan menggunakan Ekivalen Mobil Penumpang (emp) pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Ekivalen Mobil Penumpang (emp)

Tipe Kendaraan	Ekivalen Mobil Penumpang (emp)	
	Pendekat Terlindung	Pendekat Terlawan
LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Untuk masing-masing pendekat, rasio kendaraan belok kiri P_{LT}, dan rasio kendaraan belok kanan P_{RT} dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2) sebegai berikut.

$$P_{LT} = \frac{\text{LT (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \quad \text{.....(2.1)}$$

$$P_{RT} = \frac{\text{RT (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \quad \text{.....(2.2)}$$

Dengan:

P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri

LT = Belok kiri (*Left Turn*)

P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan

RT = Belok kanan (*Right Turn*)

2.2.2 Penggunaan Sinyal

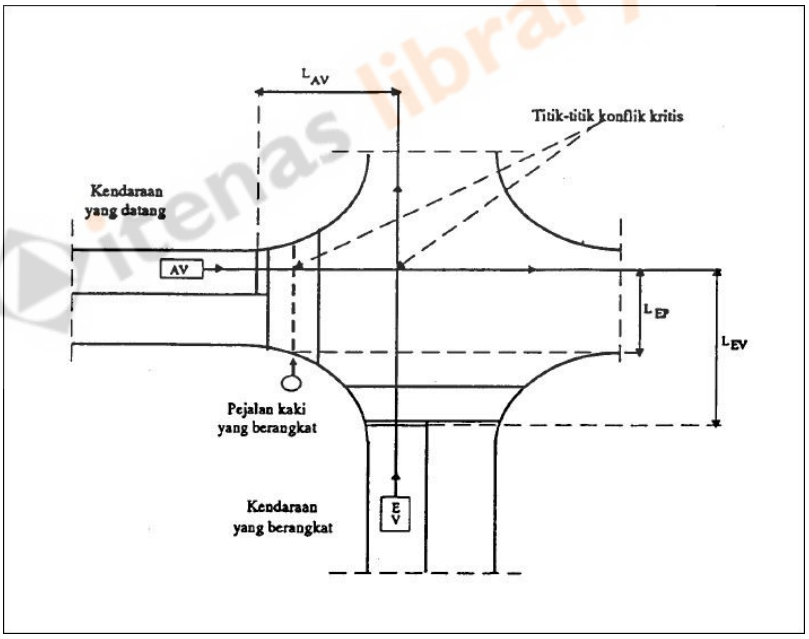
Penggunaan sinyal dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Penentuan Fase Sinyal

Penentuan fase sinyal digunakan untuk rencana fase sinyal, maka rencana fase sinyal harus dipilih sebagai alternative permulaan untuk kepentingan evaluasi.

b. Waktu antar Hijau, dan Waktu Hilang

Waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan 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 (melewati garis henti pada awal sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan datang dari garis henti sampai ke titik konflik, dan panjang dari kendaraan yang berangkat. Gambar 2.5 menunjukan titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan.



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Gambar 2.5 Titik Konflik Kritis dan Jarak untuk Keberangkatan dan Kedatangan

Gambar 2.5 menggambarkan kejadian dengan titik-titik konflik kritis yang diberi tanda bagi kendaraan-kendaraan maupun pejalan kaki yang memotong jalan.

Titik konflik kritis pada masing-masing fase (i) adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua terbesar. Waktu merah semua dapat dihitung menggunakan persamaan (2.3).

$$\text{Merah Semua}_i = \left[\frac{(L_{EV}+l_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}}\right] \text{.....(2.3)}$$

Dengan:

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

l_{EV} = Panjang kendaraan yang berangkat (m)

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

Apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (LTI) untuk simpang dapat dihitung sebagai jumlah dari waktu antar hijau. Waktu hilang (LTI) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4).

$$\text{LTI} = \sum(\text{Merah Semua} + \text{Kuning})_i = \sum \text{IG}_i \text{ .....(2.4)}$$

Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik.

2.2.3 Penentuan Waktu Sinyal

Dalam penentuan waktu sinyal, terdapat beberapa parameter yang harus ditinjau, antara lain:

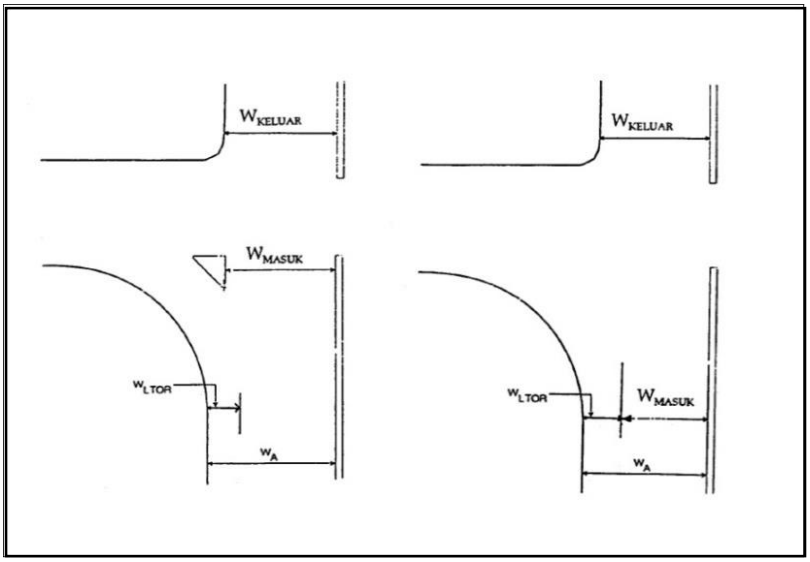
a. Tipe Pendekat

Identifikasi setiap pendekat dengan menandai pergerakan setiap fasenya, misal pegerakan dua pendekat secara bersamaan dalam satu fase. Tentukan tipe setiap pendekat berupa pendekat terlindung (P) atau pendekat terlawan (O).

b. Lebar Pendekat Efektif

Lebar efektif (W_E) dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, penentuan lebar masuk (W_{MASUK}) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.6, atau untuk pendekat tanpa pulau lalu lintas yang ditunjukkan pada bagian kanan dari Gambar 2.6.

itenas library



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Gambar 2.6 Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas

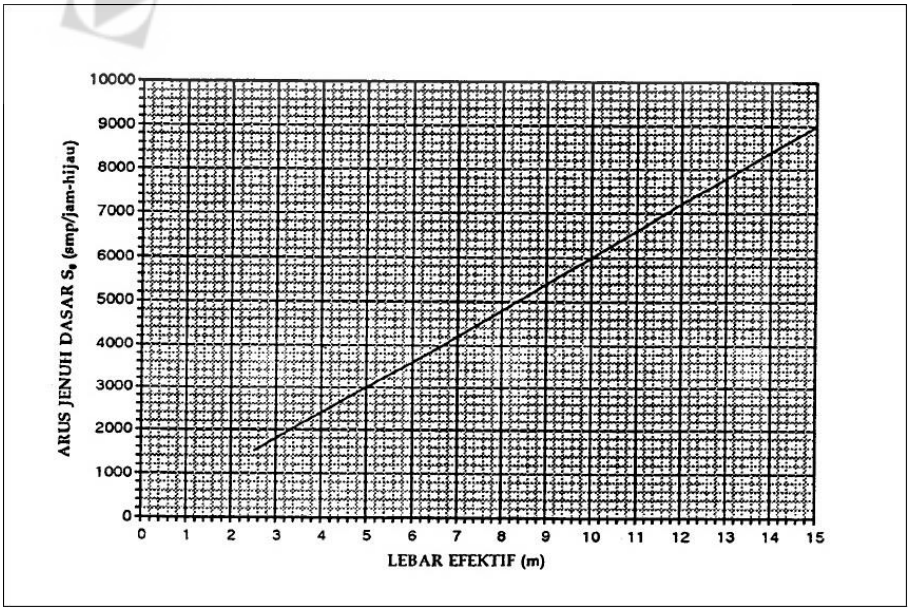
c. Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar ditentukan berdasarkan tipe pendekat dari masing-masing pendekat, berupa pendekat terlindung (P), dan pendekat terlawan (O).

1. Untuk Pendekat Terlindung (P)

   Arus jenuh dasar untuk pendekat terlindung (P) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5), ataupun menggunakan grafik pada Gambar 2.7.

$$S_0 = 600 \times W_E(\text{smp/jam} - \text{hijau}) \quad \text{.....(2.5)}$$



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Gambar 2.7 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Terlindung (P)

2. Untuk Pendekat Terlawan (O)

Arus jenuh dasar untuk pendekat terlawan (O) dapat ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 2.8, dan Gambar 2.9, atau berdasarkan:

<u>Lajur Belok Kanan Tidak Terpisah</u>

a) Jika Q_{RTO} > 250 smp/jam:

- Q_{RT} < 250 : 1. Tentukan S_{prov} pada Q_{RTO} = 250

  2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

  $$S = S_{prov} - \{(Q_{RTO} - 250) \times 8\} \text{ smp/jam}$$

- Q_{RT} > 250 : 1. Tentukan S_{prov} pada Q_{RTO} dan Q_{RT} = 250

  2. Tentukan S sesungguhnya sebagai

  $$S = S_{prov} - \{(Q_{RTO} + Q_{RT} - 500) \times 2\} \text{ smp/jam}$$

Jika Q_{RTO} < 250 dan Q_{RT} > 250 smp/jam: Tentukan S seperti pada Q_{RT} = 250

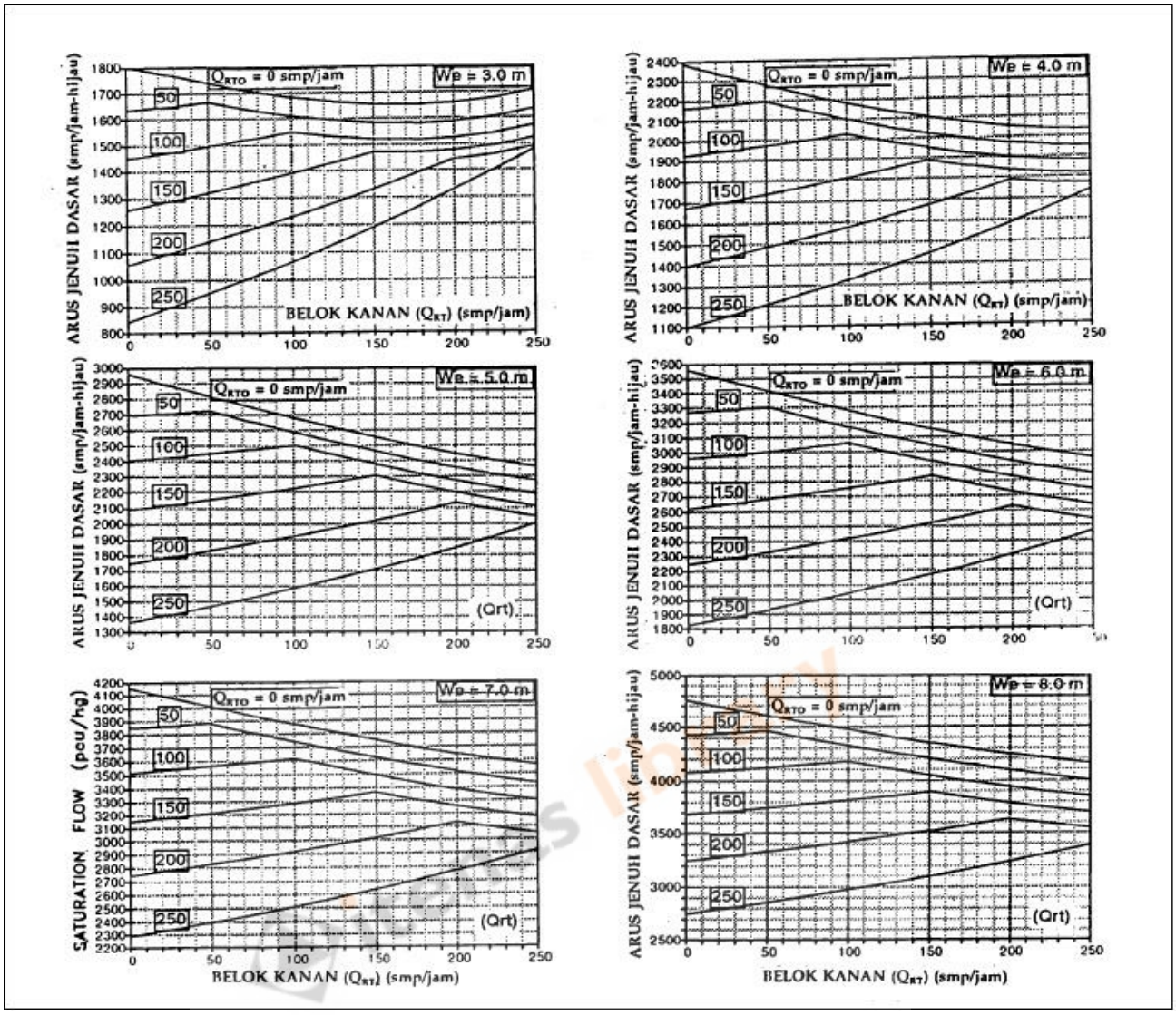
<u>Lajur Belok Kanan Terpisah</u>

a) Jika Q_{RTO} > 250 smp/jam:

- Q_{RT} < 250 : Tentukan S dari Gambar 2.8 dengan interpolasi
- Q_{RT} > 250 : Tentukan S_{prov} pada Q_{RTO} dan Q_{RT} = 250

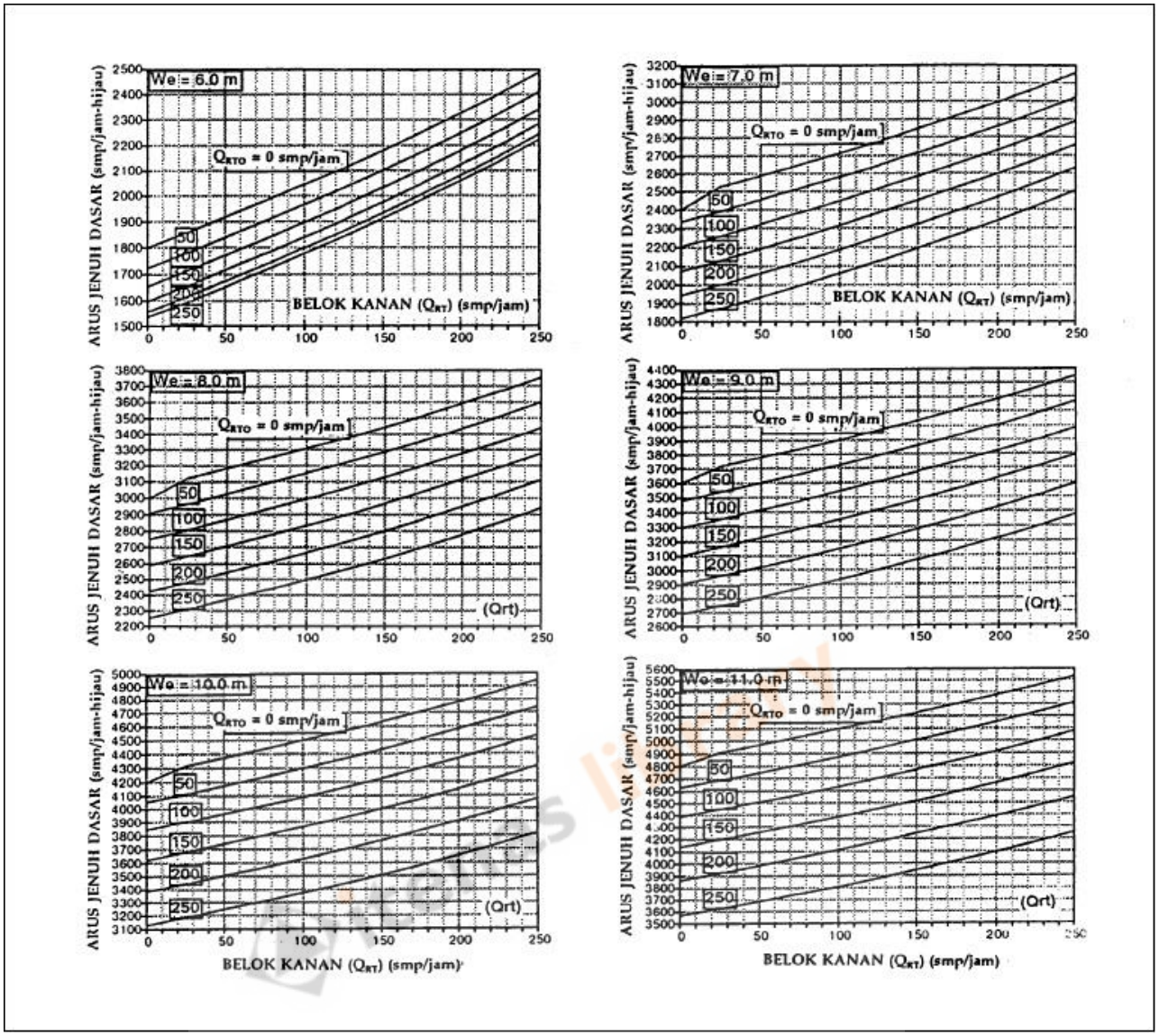
b) Jika Q_{RTO} < 250 dan Q_{RT} > 250 smp/jam: Tentukan S dari Gambar 2.9 dengan interpolasi

itenas library



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Gambar 2.8 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Terlawan (O) Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Gambar 2.9 Arus Jenuh Dasar untuk Pendekat Terlawan (O) Dengan Lajur Belok Kanan Terpisah

d. Faktor Penyesuaian

Nilai faktor penyesuaian akan mempengaruhi nilai rasio arus yang disesuaikan, berikut adalah beberapa faktor penyesuaian:

1. Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

   Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan berdasarkan jumlah penduduk kota, dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
> 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: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

2. Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

   Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dari Tabel 2.3 sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor. Jika hambatan samping tidak diketahui, dapat dianggap sebagai tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar.

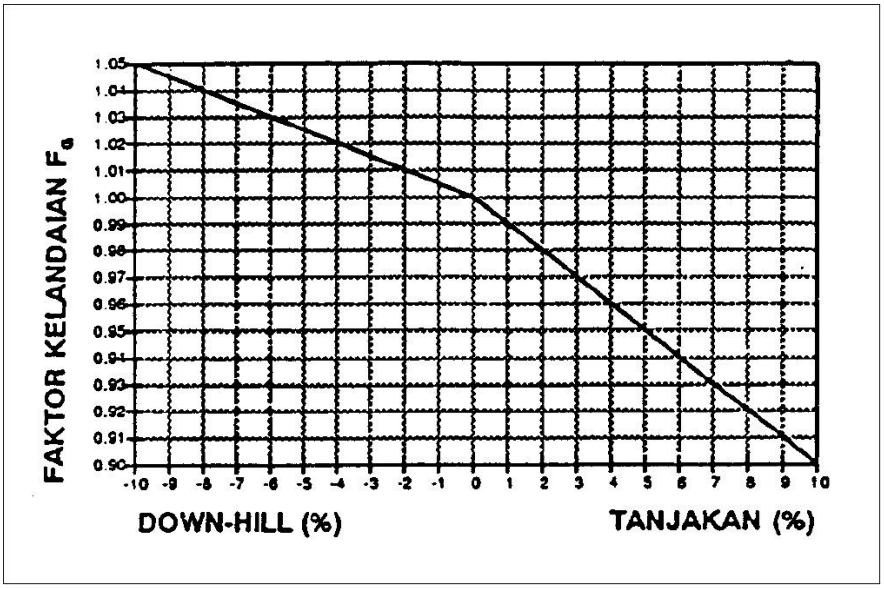
Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian untuk Tipe Lingkungan Jalan, Hambatan Samping, dan Kendaraan Tak Bermotor (F_{SF})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0	0,05	0,1	0,15	0,2	> 0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,7
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,8	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,9	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	0,89	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	0,9	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,8	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
		Terlindung	1	0,98	0,95	0,93	0,9	0,88

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

3. Faktor Penyesuaian Kelandaian

   Faktor penyesuaian kelandaian yaitu sebagai fungsi dari kelandaian atau GRAD yang ditentukan berdasarkan Gambar 2.10.

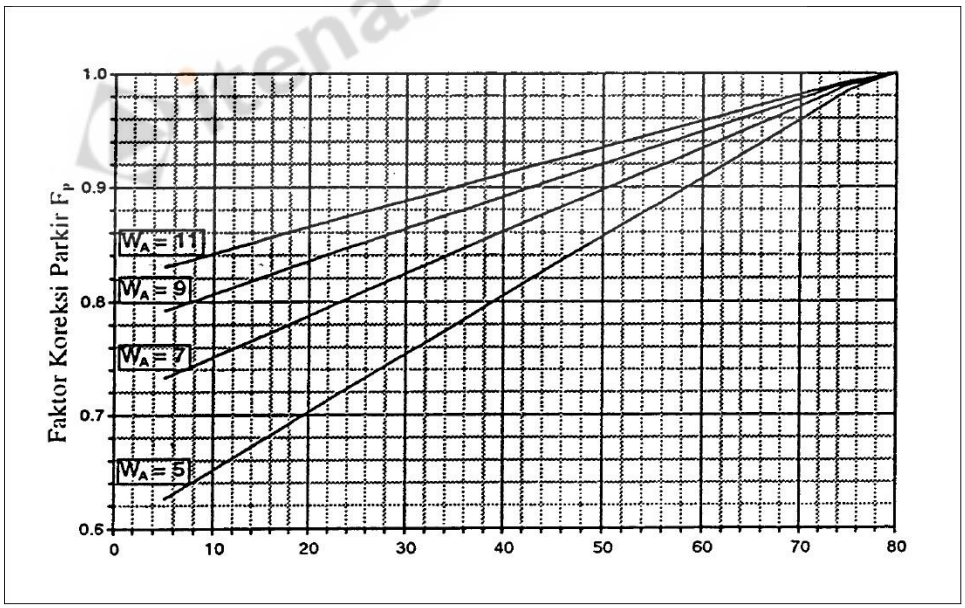


Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Gambar 2.10 Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

4. Faktor Penyesuaian Parkir

Faktor penyesuaian parkir adalah sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang parkir pertama, dan lebar pendekat (W_A) yang dapat ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 2.11 ataupun persamaan (2.6).



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Gambar 2.11 Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

$$F_P = \frac{\frac{L_P}{3} - \frac{(W_A - 2) \times \left(\frac{L_P}{3} - g\right)}{W_A}}{g} \quad \text{.....(2.6)}$$

Dengan:

L_P = Jarak antara garis henti, dan kendaraan yang diparkir pertama (m) (atau panjang dari lajur pendek)

W_A = Lebar pendekat (m)

g = Waktu hijau pada pendekat

5. Faktor Penyesuaian Belok Kanan

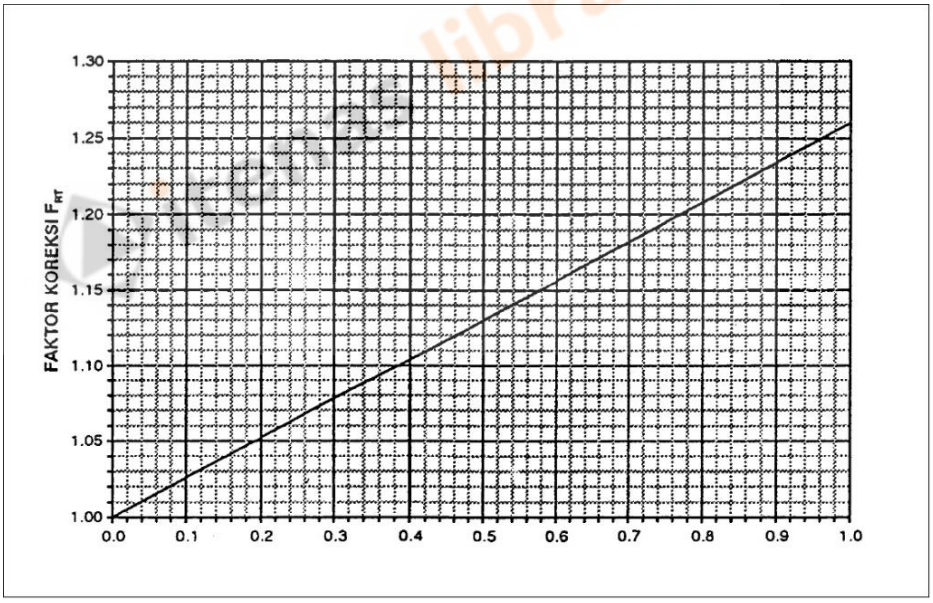
Fakor penyesuaian belok kanan adalah sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan P_{RT}. Hanya untuk pendekat terlindung (P), tanpa median, jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian belok kanan dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.7) ataupun grafik pada Gambar 2.12.

$$F_{RT} = 1{,}0 + P_{RT} \times 0{,}26 \quad \text{.....(2.7)}$$

Dengan:

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

Gambar 2.12 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{RT})

6. Faktor Penyesuaian Belok Kiri

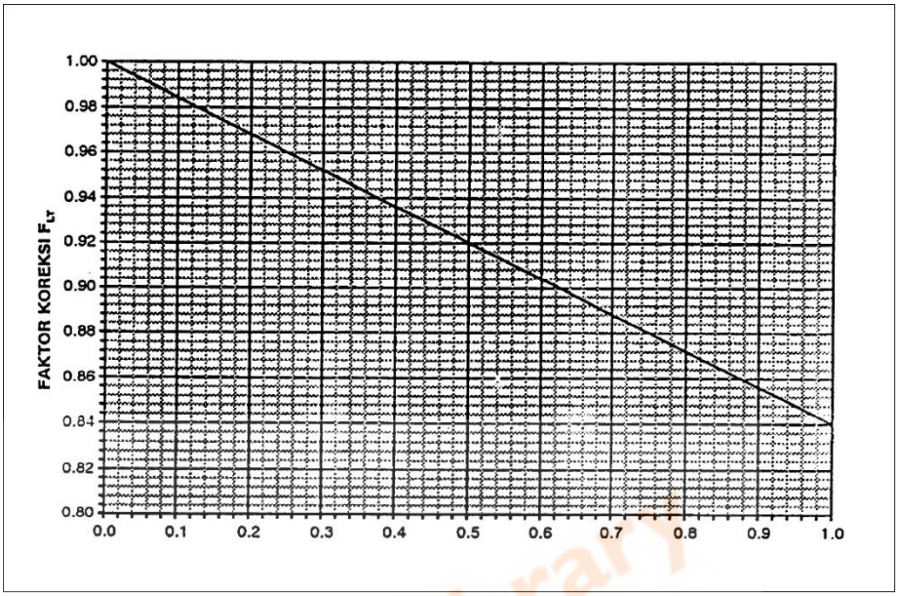
Fakor penyesuaian belok kiri adalah sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kiri P_{LT}. Hanya untuk pendekat terlindung (P), tanpa LTOR, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Faktor penyesuaian belok kiri dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.8) ataupun grafik pada Gambar 2.13.

$$F_{LT} = 1{,}0 - P_{LT} \times 0{,}16 \text{ .....(2.8)}$$

Dengan:

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri



Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997.

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

e. Arus Jenuh

Arus jenuh adalah setelah beberapa saat kendaraan bergerak dari garis henti menuju persimpangan hingga mencapai kecepatan normal pada saat lampu hijau menyala. Arus jenuh merupakan hasil dari perkalian antara arus jenuh dasar (S_0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar dengan faktor-faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya. Nilai arus jenuh yang disesuaikan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.9).

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ .....(2.9)}$$

Dengan:

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

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

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

f. Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan terkait dengan nilai Q yang akan berpengaruh terhadap perhitungan selanjutnya, antara lain:

1. Jika LTOR harus dikeluarkan dari analisa, maka hanya gerakan-gerakan lurus dan belok kanan saja yang dimasukkan dalam nilai Q.
2. Jika $W_E = W_{KELUAR}$, maka hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai Q.
3. Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (O), dan yang lainnya arus terlindung (P), maka gabungan arus lalu lintas sebaiknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot untuk kondisi terlawan dan terlindung dengan cara yang sama seperti pada perhitungan arus jenuh. Hasilnya dimasukkan kedalam baris untuk fase gabungan tersebut.

a) Rasio Arus

Rasio arus untuk masing-masing pendekat dapat dihitung menggunakan persamaan (2.10) dibawah ini.

$$FR = {}^{Q}/_{S} \quad \text{.....(2.10)}$$

Dengan:

FR = Rasio arus

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

b) Rasio Arus Simpang

Rasio arus simpang merupakan jumlah dari nilai-nilai FR. Rasio arus simpang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.11) dibawah ini.

$$IFR = \sum(FR_{crit}) \quad \text{.....(2.11)}$$

Dengan:

IFR = Rasio arus simpang

FR_{crit} = Rasio arus kritis

c) Rasio Fase

Rasio fase merupakan rasio antara FR_{crit} dan IFR pada masing-masing fase. Rasio fase dapat dihitung menggunakan persamaan (2.12) dibawah ini.

$$PR = {}^{FR_{crit}}/_{IFR} \quad \text{.....(2.12)}$$

Dengan:

PR = Rasio fase

FR_{crit} = Rasio arus kritis

IFR = Rasio arus simpang

g. Waktu Siklus, dan Waktu Hijau

1. Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) digunakan untuk pengendalian waktu tetap, dapat ditentukan menggunakan persamaan 2.13

$$Cua = \frac{1{,}5 \times LTI + 5}{1 - IFR} \quad \text{.....(2.13)}$$

Dengan:

(C_{ua}) = Waktu siklus sebelum penyesuaian

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

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

2. Waktu Hijau

Waktu hijau untuk masing-masing fase dapat dihitung menggunakan persamaan (2.14) dibawah ini.

$$g = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad \text{.....(2.14)}$$

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

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

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

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

3. Waktu Siklus yang Disesuaikan

Waktu siklus yang disesuaikan berdasar pada waktu hijau yang diperoleh, dan waktu hilang (LTI) yang telah dibulatkan. Waktu siklus yang disesuaikan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.15) dibawah ini.

Itenas library

$$c = \sum g + LTI \text{ .....(2.15)}$$

Dengan:

c = Waktu siklus yang disesuaikan (det)

g = Waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang (det)

2.2.4 Kapasitas

Kapasitas yaitu kemampuan suatu simpang menampung arus lalu lintas maksimum selama waktu paling sedikit satu jam. Besarnya nilai kapasitas (C) dipengaruhi oleh besarnya arus jenuh, total waktu hijau dalam satu siklus, dan waktu siklus. Kapasitas simpang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.16).

$$C = S \times \frac{g}{c} \text{.....(2.16)}$$

Dengan:

C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh yang disesuaikan (smp/jam)

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus (det)

Nilai derajat kejenuhan (DS) dipengaruhi oleh nilai arus lalu lintas (Q) dan kapasitas (C). Derajat kejenuhan digunakan untuk menganalisis tingkat kinerja jalan, makin tinggi nilai derajat kejenuhan, makin jelek tingkat kinerja jalan tersebut. Nilai derajat kejenuhan yang dianjurkan yaitu, DS ≤ 0,85. Derajat kejenuhan (DS) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.17).

$$DS = \frac{Q}{C} \text{.....(2.17)}$$

Dengan:

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

itenas library

2.2.5 Perilaku Lalu Lintas

Berikut adalah beberapa perilaku lalu lintas pada persimpangan yang diperhitungkan, antara lain:

a. Panjang Antrian

Panjang antrian (QL) adalah jarak antara muka kendaraan terdepan hingga ke bagian belakang kendaraan paling belakang dalam suatu antrian akibat sinyal lalu lintas. Panjang antrian didapat dari jumlah kendaraan antri (NQ) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ_1), dan jumlah antrian kendaraan yang datang selama fase merah (NQ_2) sehingga didapatkan jumlah kendaraan antri maksimum (NQ_{MAX}) yang dikalikan dengan luar rata-rata yang digunakan per smp (20 m^2) kemudian dibagi dengan W_{MASUK}. Panjang antrian dapat dihitung menggunakan persamaan (2.18).

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad \text{.....(2.18)}$$

Dengan:

QL = Panjang antrian (m)

NQ_{MAX} = Jumlah maksimum dari kendaraan antri

W_{MASUK} = Lebar masuk (m)

<u>Jumlah kendaraan antri yang tersisa dari fase hijau sebelumnya:</u>

- Untuk DS > 0,5 ; nilai NQ_1 dapat dihitung menggunakan persamaan (2.19).

$$NQ_1 = 0{,}25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0{,}5)}{C}}\right] \quad \text{.....(2.19)}$$

- Untuk DS ≤ 0,5 ; maka nilai $NQ_1 = 0$

<u>Jumlah kendaraan antri yang datang selama fase merah:</u>

NQ_2 dapat dihitung menggunakan persamaan (2.20).

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad \text{.....(2.20)}$$

Maka, jumlah total kendaraan antri (NQ) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.21) sebagai berikut.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad \text{.....(2.21)}$$

itenas library

Dengan:

NQ = Jumlah total dari kendaraan antri

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

C = Kapasitas (smp/jam)

DS = Derajat kejenuhan

c = Waktu siklus (detik)

GR = Rasio hijau

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

b. Rasio Kendaraan Henti

Kendaraan terhenti yaitu kendaraan pada pendekat yang harus berhenti akibat isyarat merah sebelum melewati suatu simpang terhadap jumlah arus pada fase yang sama pada pendekat tersebut. Kendaraan terhenti yang dihitung yaitu angka henti (NS) sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian), jumlah kendaraan terhenti pada masing-masing pendekat (N_{SV}), dan angka henti seluruh simpang (NS_{TOT}). NS, N_{SV}, dan NS_{TOT} dapat dihitung berturut-turut menggunakan persamaan (2.22), (2.23), dan (2.24).

$$NS = 0{,}9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \quad \text{.....(2.22)}$$

$$N_{SV} = Q \times NS \quad \text{.....(2.23)}$$

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \quad \text{.....(2.24)}$$

Dengan:

NS = Angka henti (smp/jam)

N_{SV} = Kendaraan terhenti (smp/jam)

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

NQ = Jumlah total dari kendaraan antri

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Waktu siklus (det)

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

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

c. Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang. Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (DT), dan tundaan geometrik (DG). Tundaan dapat dihitung menggunakan persamaan (2.25).

$$D_i = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad \text{.....(2.25)}$$

Dengan:

D_i = Tundaan total (det/smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

D = Tundaan rata-rata (det/smp)

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

Tundaan lalu lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang dapat dihitung menggunakan persamaan (2.26).

$$DT_i = c \times \frac{0{,}5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \quad \text{.....(2.26)}$$

Tundaan geometrik rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau ketika dihentikan oleh lampu merah dapat dihitung menggunakan persamaan (2.27).

$$DG_i = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad \text{.....(2.27)}$$

Tundaan rata-rata (D_j) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.28).

$$D_j = DT_i + DG_i \quad \text{.....(2.28)}$$

Dengan:

D_j = Tundaan rata-rata (det/smp)

DT_i = Tundaan lalu lintas pada fase i (det/smp)

DG_i = Tundaan geometrik pada fase i (det/smp)

GR = Rasio waktu Hijau

C = Kapasitas (smp/jam)

P_{VS} = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat

P_T = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat