

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Persimpangan

Menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1996), persimpangan adalah titik pertemuan atau percabangan jalan, baik yang sebidang maupun yang tidak sebidang. Persimpangan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari semua sistem jalan. Persimpangan-persimpangan merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, khususnya di daerah – daerah perkotaan. Ketika berkendara di dalam kota, orang dapat melihat bahwa kebanyakan jalan di daerah perkotaan biasanya memiliki persimpangan, sehingga pengemudi dapat memutuskan untuk jalan terus atau berbelok dan pindah jalan.

Karena persimpangan harus 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 dibutuhkan.

3.2 Metode MKJI 1997

3.2.1 Arus Lalu Lintas

Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore. Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri Qlt, lurus QST, dan belok kanan Qrt) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan. Nilai ekivalensi kendaraan penumpang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Nilai Ekuivalensi Kendaraan Penumpang

Jenis Kendaraan	Emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung (P)	Terlawan (O)
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

3.2.2 Menentukan Nilai Arus Jenuh Dasar (S_0)

Arus lalu lintas jenuh adalah arus lalu lintas maksimum yang dapat melewati persimpangan dengan lampu lalu lintas. Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI,1997), arus lalu lintas jenuh dasar dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 berikut ini.

$$S_0 = 600 \times We \quad (3.1)$$

dengan :

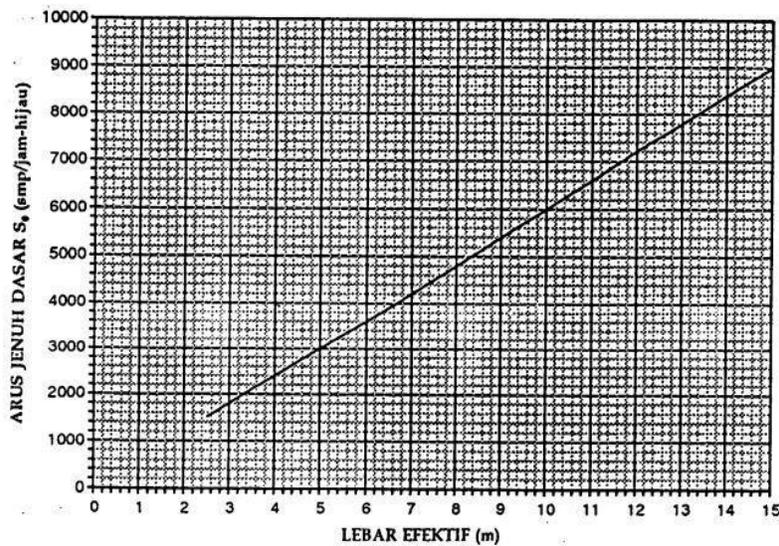
S_0 = arus lalu lintas jenuh dasar (smp/jam)

We = lebar jalan (meter)

Dari beberapa penelitian di beberapa Kota di Indonesia dari Munawar dkk (2003), nilai arus jenuh yang ada di lapangan ternyata lebih besar dari nilai tersebut, yaitu sekitar 1,3 kali sehingga rumus empiris dari MKJI 1997 tersebut dianjurkan untuk dikoreksi menjadi Persamaan 3.2 berikut ini.

$$S_0 = 780 \times We \quad (3.2)$$

Arus jenuh dasar terdapat 2 tipe yaitu : tipe *approach* O dan tipe *approach* P, untuk tipe *approach* P, cara penggunaannya adalah dapat menggunakan Persamaan 3.1 ataupun grafik, jika menggunakan grafik dapat memasukkan lebar efektif lalu ditarik ke atas hingga bertemu garis dan ditarik ke kiri hingga mendapatkan nilai arus jenuh, dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Arus Jenuh Dasar untuk Tipe Pendekat P
(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

3.2.3 Model Dasar

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$C = S \times g/c \quad (3.3)$$

dengan :

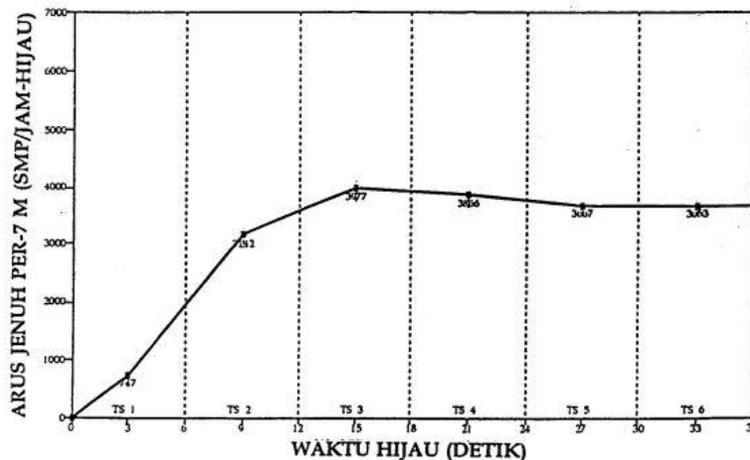
C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh, yaitu arus berangkat rata-rata dari antrian dalam pendekat selama sinyal hijau (smp/jam hijau = smp per-jam hijau)

g = Waktu hijau (det)

c = Waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap (yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama).

Oleh karena itu perlu diketahui atau ditentukan waktu sinyal dari simpang agar dapat menghitung kapasitas dan ukuran perilaku lalu lintas lainnya. Pada Persamaan 3.3 arus jenuh dianggap tetap selama waktu hijau. Meskipun demikian dalam kenyataannya, arus berangkat mulai dari 0 pada awal waktu hijau, lihat Gambar 3.2 di bawah contoh dari MKJI 1997.



Gambar 3.2 Arus Jenuh Yang Diamati Per Selang Waktu Enam Detik

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

3.2.4 Menghitung Penilaian Arus Jenuh (S)

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$S = S_0 \times F_{cs} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam hijau} \quad (3.4)$$

dengan :

S0 = arus jenuh dasar

- Fcs = faktor koreksi ukuran kota
- FSF = faktor koreksi gangguan samping
- FG = faktor koreksi kelandaian
- FP = faktor koreksi parkir
- FRT = faktor koreksi belok kanan
- FLT = faktor koreksi belok kiri

Dalam menentukan angka faktor koreksi ukuran kota (FCS) dapat dilihat menggunakan Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Penduduk Kota (Juta Jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
>3,0	1,05
1,0 – 3,0	1,00
0,5 – 1,0	0,94
0,1 – 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

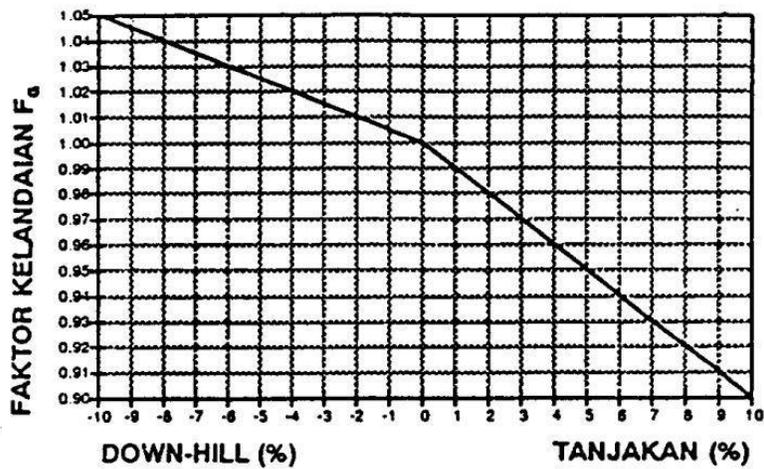
Sedangkan faktor koreksi hambatan samping (Fsf), merupakan fungsi dari tipe lingkungan jalan, tingkat hambatan samping dan rasio kendaraan tak bermotor. Jika gangguan samping tidak diketahui dapat diasumsikan nilai yang tinggi agar tidak terjadi *over estimate* untuk kapasitas, dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping

Tipe Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor				
			0,00	0,05	0,1	0,15	0,2
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86
	Rendah	Terlawan	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88
Akses Terbatas (RA)	T/S/R	Terlawan	1,00	0,95	0,9	0,85	0,8
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,9

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

Untuk menentukan angka faktor koreksi gradien (F_g) dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini. Faktor gradien adalah fungsi dari kelandaian lengan simpang dimana sesuai kondisi lapangan berapa persen tanjakan ataupun turunan jalan yang akan diteliti.



Gambar 3.3 Faktor Koreksi Gradien (F_g)

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Sedangkan Faktor koreksi parkir (F_p), adalah jarak dari garis henti ke kendaraan yang parkir pertama dan lebar pendekat (*approach*), dapat ditentukan dari Persamaan dibawah ini atau juga dapat menggunakan Gambar 3.4, cara penggunaan grafik tersebut adalah menentukan lebar pendekat (WA) lalu tentukan garis henti parkir dan tarik sesuai garis lebar pendekat dan tarik arah ke kiri untuk mendapatkan nilai (F_p) dapat dilihat pada Persamaan 3.5 berikut ini.

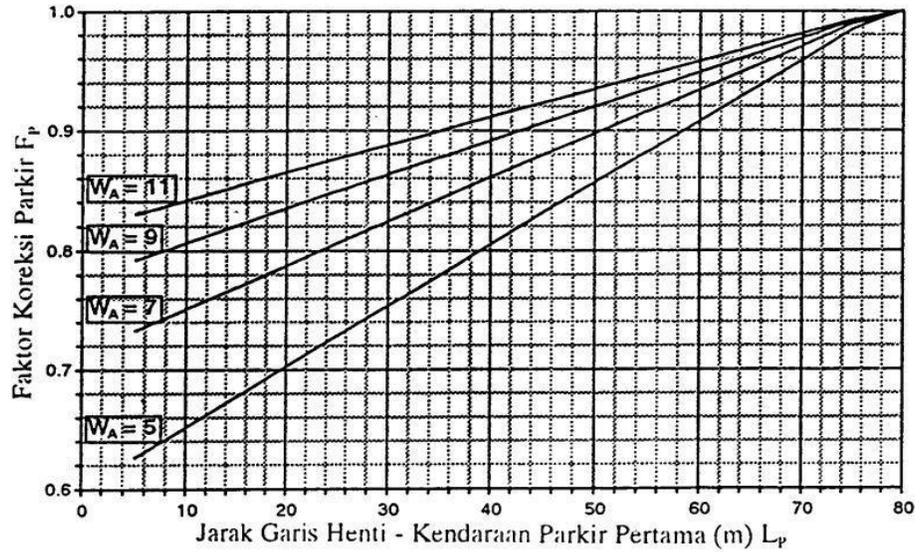
$$F_p = (L_p / 3 - (WA - 2) \times (L_p / 3 - g) / WA) / g \quad (3.5)$$

Dengan :

L_p = jarak antara garis henti dan kendaraan yang parkir pertama

WA = lebar pendekat (m)

G = waktu hijau pada pendekat (detik)

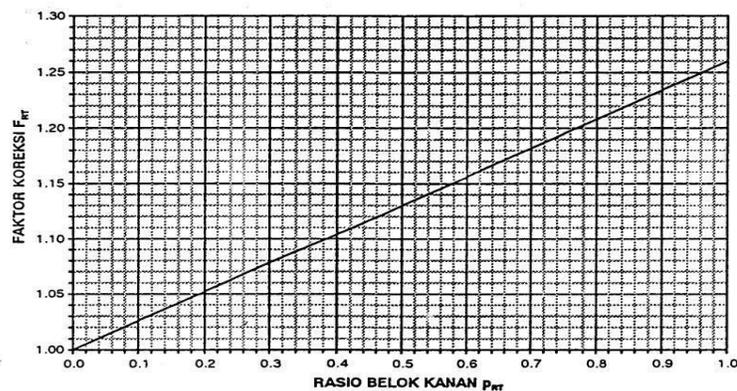


Gambar 3.4 Faktor Koreksi Parkir (F_p)

(Sumber : Direktorat Bina Marga, 1997)

Penentuan faktor koreksi untuk nilai arus jenuh dasar selanjutnya adalah hanya untuk tipe pendekat P yaitu sebagai berikut.

1. Faktor koreksi belok kanan (FRT), ditentukan sebagai fungsi perbandingan kendaraan yang belok kanan (PRT), faktor ini hanya untuk pendekat P. Dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.

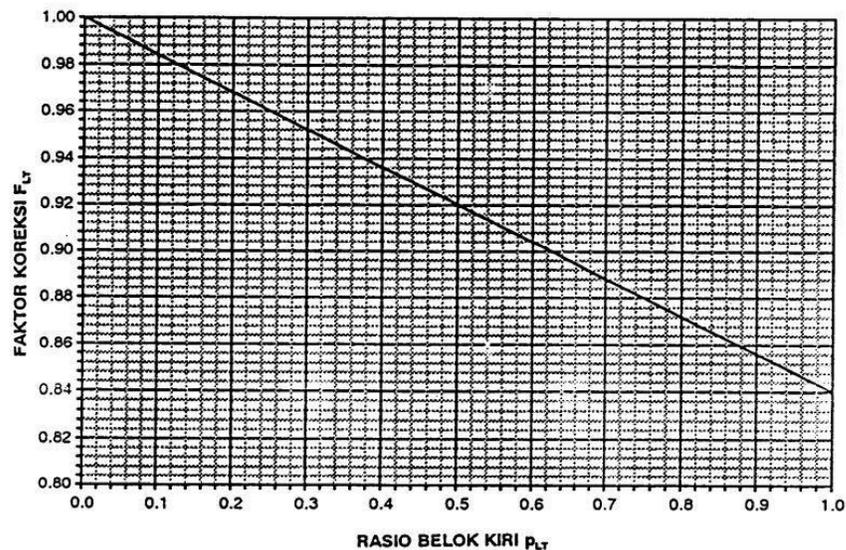


Gambar 3.5 Faktor Koreksi Belok Kanan (FRT)

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Jalan dua arah tanpa median, kendaraan belok kanan dari arus berangkat terlindung (pendekat tipe P) mempunyai kecenderungan untuk memotong garis tengah jalan sebelum melewati garis henti ketika menyelesaikan belokannya, hal ini menyebabkan peningkatan rasio belok kanan yang tinggi pada arus jenuh.

2. Faktor koreksi belok kiri (FLT), ditentukan sebagai fungsi perbandingan belok kiri (PLT). Faktor ini hanya untuk tipe pendekat tanpa LTOR lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk. Pada pendekat-pendekat terlindung tanpa penyediaan belok kiri langsung, kendaraan-kendaraan belok kiri cenderung melambat dan mengurangi arus jenuh pendekat tersebut. Karena arus berangkat dalam pendekat-pendekat terlawan (tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri. Seperti pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Faktor Koreksi Belok Kiri (FLT)

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

3.2.5 Rasio Arus Dengan Arus Jenuh

Perhitungan perbandingan arus (Q) dengan arus jenuh (S) untuk tiap pendekatan dapat dirumuskan dengan Persamaan 3.6 di bawah ini.

$$FR = Q/S \quad (3.6)$$

Perbandingan arus kritis (FRcrit) yaitu nilai perbandingan arus tertinggi dalam tiap fase. Jika nilai perbandingan arus kritis untuk tiap fase dijumlahkan akan didapat perbandingan arus simpang berikut pada Persamaan 3.7 berikut ini.

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \quad (3.7)$$

Perbandingan fase (*phase ratio*, PR) untuk tiap fase merupakan suatu fungsi perbandingan antara FRcrit dengan IFR dapat menggunakan Persamaan 3.8 di bawah ini.

$$PR = FR_{crit} / IFR \quad (3.8)$$

3.3 Penentuan Fase Waktu Siklus Dan Waktu Hijau

1.3.1 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian (Cas)

Waktu siklus untuk fase, dapat dihitung dengan rumus atau pada Gambar 3.7. Waktu siklus hasil perhitungan ini merupakan waktu siklus optimum, yang akan menghasilkan tundaan kecil dapat menggunakan Persamaan 3.9 berikut ini.

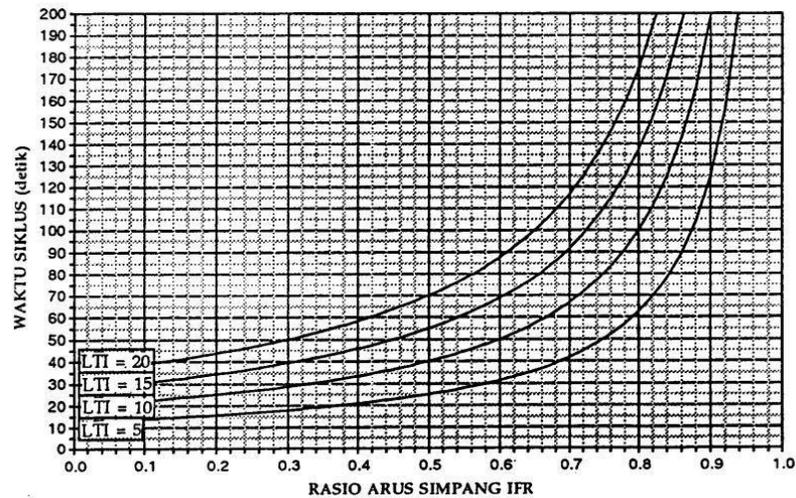
$$C_{ua} = \frac{1,5 \times LTI + 5}{(1 - IFR)} \quad (3.9)$$

Dengan :

Cua = waktu siklus sinyal (detik)

LTI = total waktu hijau hilang per siklus (detik)

IFR = perbandingan arus simpang $\sum FR_{crit}$



Gambar 3.7 Penentuan Waktu Siklus

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Jika alternatif sinyal yang direncanakan kemudian dievaluasi menghasilkan nilai yang rendah untuk ($IFR = LT/c$), maka hasil ini akan lebih efisien. Cara menentukan waktu siklus dengan menggunakan Gambar 3.7 adalah menentukan Rasio IFR sesuai perhitungan dan tarik garis keatas sesuai kehilangan waktu hijau masing-masing lalu tarik garis ke kiri untuk mendapatkan waktu siklus. Waktu siklus yang dihasilkan diharapkan sesuai batas yang disarankan oleh MKJI 1997, sebagai pertimbangan teknik lalu lintas yang diterangkan dalam Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Waktu Siklus Yang Disarankan

Tipe Kontrol	Waktu siklus yang layak (detik)
2 fase	40 - 80
3 fase	50 - 100
4 fase	80 - 130

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (1997)

Nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan < 10m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih besar. Waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan melebihi 130 detik harus dihindari kecuali pada kasus

yang sangat khusus (simpang yang sangat besar) karena hal ini sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan. Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi daripada batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah simpang tersebut adalah tidak mencukupi.

1.3.2 Waktu Hijau (g)

Perhitungan waktu hijau untuk tiap fase dijelaskan dengan rumus yang terdapat pada persamaan 3.10 di bawah ini.

$$g_i = (cua - LTI) \times Pri \quad (3.10)$$

dengan :

g_i = waktu hijau dalam fase – i (detik)

cua = waktu siklus yang ditentukan (detik)

LTI = total waktu hilang per siklus

Pri = perbandingan fase FR_{crit} : (FR_{crit})

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki ketika menyebrang jalan.

3.4 Kapasitas Persimpangan

Kapasitas untuk tiap lengan simpang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.12 yang terdapat di bawah ini.

$$C = S \times g / c \quad (3.12)$$

dengan :

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

- g = waktu hijau (detik)
- c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

Kemudian dapat dicari nilai derajat jenuh dengan Persamaan 3.13 berikut.

$$DS = Q/C \quad (3.13)$$

dengan :

- DS = derajat kejenuhan
- Q = arus lalu lintas (smp/jam)
- C = kapasitas (smp/jam)

Jika penentuan waktu sinyal telah dikerjakan secara benar, derajat kejenuhan akan hampir sama dala semua pendekatan-pendekatan kritis.

3.5 Panjang Antrian

Dari derajat jenuh dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ1) yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu. Didapat Persamaan 3.14 dan Gambar 3.8 berikut ini.

Untuk $ds > 0,5$

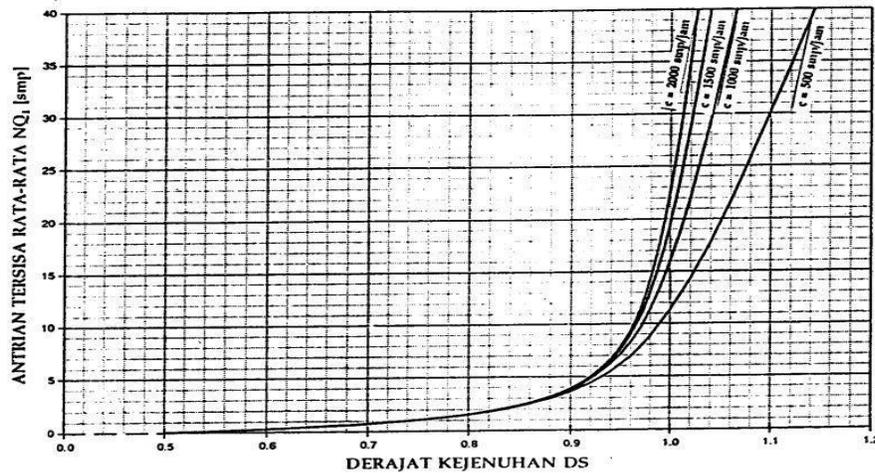
$$NQ1 = 0,25 \times C \times [(ds-1) + \sqrt{(ds-1)^2 + 8x(ds-0,5)C}] \quad (3.14)$$

Untuk $ds \leq 0,5$

$$NQ1 = 0 \quad (3.15)$$

dengan :

- NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- Ds = derajat jenuh
- GR = rasio hijau
- C = kapasitas (smp/jam) = S x GR



Gambar 3.8 Jumlah Antrian Kendaraan

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Untuk menentukan NQ1 dapat menggunakan Persamaan 3.15 ataupun gambar diatas, yaitu dengan menentukan DS sesuai analisis lalu tarik keatas sampai tegak lurus dengan kapasitas yang akan digunakan lalu tarik garis ke kiri untuk mendapatkan nilai NQ1.

Kemudian dihitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ2), dengan Persamaan 3.16 berikut ini.

$$NQ2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times ds} \times \frac{Q}{3600} \quad (3.16)$$

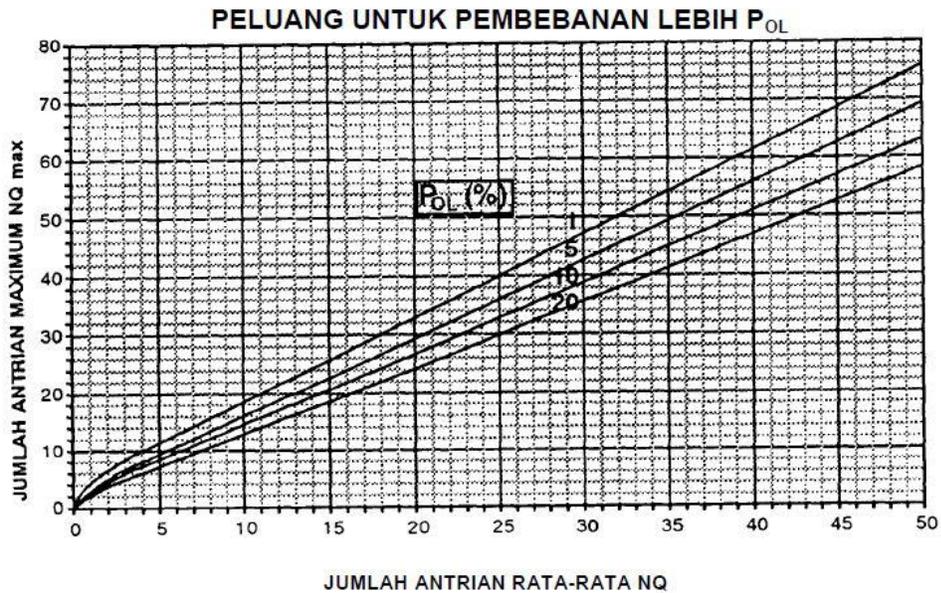
dengan :

- NQ2 = jumlah smp yang datang selama fase merah
- Q = volume lalu lintas yang masuk di luar LTOR (smp/detik)
- C = waktu siklus (detik)
- Ds = derajat jenuh
- GR = rasio hijau (detik)

Untuk menghitung jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua hasil diatas.

$$NQ = NQ1 + NQ2 \quad (3.17)$$

Untuk menentukan NQMAX dapat dicari dari Gambar 3.9 dibawah ini, dengan menghubungkan nilai NQ dan probabilitas overloading POL (%). Untuk perencanaan dan desain disarankan nilai POL < 5%, sedangkan untuk operasional POL 5 - 10 %.



Gambar 3.9 Peluang untuk Pembebanan Lebih POL

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Menentukan pembebanan lebih POL dapat menggunakan grafik diatas, caranya adalah menentukan berapa probaility yang akan direncanakan lalu tentukan nilai NQ rata-rata tarik garis keatas sesuai *probaility* yang akan digunakan dan tarik ke kiri akan mendapatkan nilai NQMAX. Penghitungan panjang antrian (QL) didapat dari perkalian antara NQMAX dengan rata-rata area yang ditempati tiap smp (20 m2) dan dibagi lebar masuk (*Wentry*), dapat dilihat pada Persamaan 3.18 berikut ini.

$$QL = NQmax \times 20Wentry \text{ (meter)} \quad (3.18)$$

3.6 Kendaraan Terhenti

Angka henti (NS) adalah jumlah rata-rata berhenti per smp, termasuk berhenti berulang dalam antrian. Angka henti pada masing-masing pendekat dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.19 berikut.

$$NS = 0,9 \times NQQ \times c \times 3600 \quad (3.19)$$

dengan :

c = waktu siklus (detik)

Q = arus lalu lintas (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti (NSV) pada masing-masing pendekat dapat dihitung dengan Persamaan 3.20 berikut

$$NSV = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (3.20)$$

Angka henti seluruh simpang didapatkan dengan membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam dapat dihitung dengan Persamaan 3.21 berikut.

$$NSTOT = NSV / QTOT \quad (3.21)$$

3.7 Tundaan

Tundaan lalu lintas rata-rata tiap pendekat dapat ditentukan dengan Persamaan 3.22 dan Persamaan 3.23 berikut dibawah ini.

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \quad (3.22)$$

dengan :

DT = tundaan lalu lintas rata-rata (det/smp)

C = waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times ds)} \quad (3.23)$$

dengan :

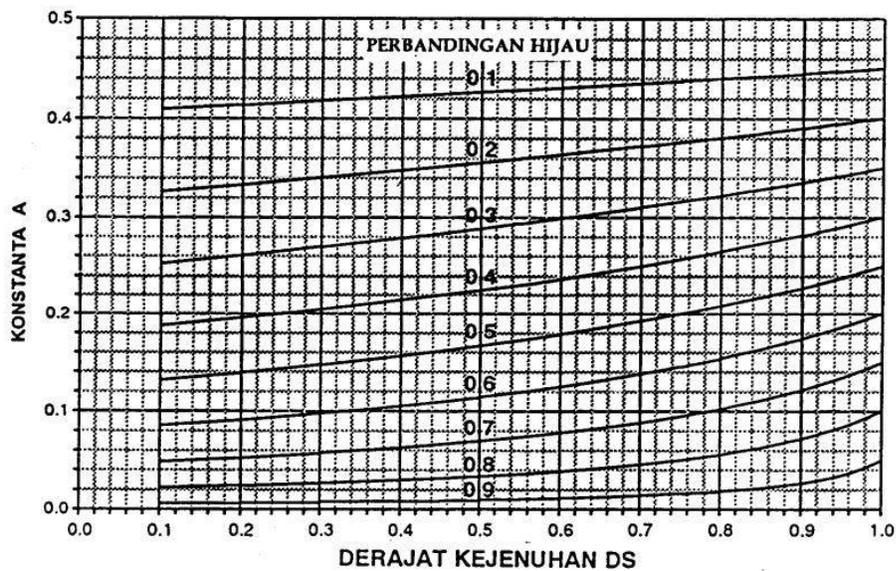
GR = rasio hijau (g/c)

ds = derajat kejenuhan

NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (smp/jam)

Nilai A merupakan fungsi dari perbandingan hijau (GR) dan derajat jenuh (ds) yang diperoleh dari Gambar 3.10 yaitu dengan menggunakan nilai (DS) pada sumbu horisontal dan memilih *green ratio* yang sesuai kemudian tarik garis mendarat maka didapat nilai A pada sumbu vertikal.



Gambar 3.10 Penentuan Nilai A dalam Persamaan Tundaan

(Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Tundaan geometri rata-rata masing-masing pendekat (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau dihentikan oleh lampu lalu lintas dihitung berdasarkan Persamaan 3.24 berikut ini.

$$DGJ = (1 - SV) \times T \times 6 + (SV \times 4) \quad (3.24)$$

dengan :

DGj = tundaan geometri rata-rata untuk pendekat j (detik/smp)

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

T = rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan geometri rata-rata LTOR diambil sebesar 6detik. Tundaan rata-rata (det/smp) adalah penjumlahan dari tundaan lalu lintas rata-rata dan tundaan geometri rata-rata ($D=DT + DG$)

Tundaan total (smp/det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas ($D \times Q$). Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_1) didapat dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total seperti pada persamaan 3.25 berikut ini.

$$D_1 = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Q_{tot}} \quad (3.25)$$

3.8 Prediksi Pertumbuhan Lalu Lintas

Ada berbagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan lalu lintas dalam kendaraan dalam suatu wilayah yaitu pertumbuhan LHR, pertumbuhan kepemilikan kendaraan, pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan tata guna lahan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan pertumbuhan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor tersebut dapat diatasi untuk 5 tahun mendatang.

Oleh karena itu dilakukan analisis Analisis prediksi penambahan jumlah kendaraan digunakan untuk memprediksi jumlah lalu lintas yang berdampak pada

kinerja jalan. Hal ini dilakukan agar kinerja jalan pada masa yang akan datang diketahui sehingga bisa dilakukan penanganan awal sebelum kinerja jalan menurun. Prediksi jumlah kendaraan dihitung menggunakan Persamaan 3.26 berikut ini.

$$P_n = P_0 (1 + i)^n \quad (3.26)$$

dengan :

i = pertumbuhan variabel rata-rata

P_n = jumlah variabel pada tahun ke - n

P_0 = jumlah variabel pada tahun dasar rata - rata

n = jumlah tahun yang dihitung

3.9 Tingkat Pelayanan Simpang

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), tingkat pelayanan adalah ukuran kualitas lalu lintas yang dapat diterima oleh pengemudi kendaraan. Tingkat pelayanan umumnya digunakan sebagai ukuran dari pengaruh yang membatasi akibat peningkatan volume setiap ruas jalan yang dapat digolongkan pada tingkat tertentu yaitu antara A sampai F. Apabila volume lalu lintas meningkat maka tingkat pelayanan menurun, suatu akibat dari arus lalu lintas yang lebih buruk dalam kaitannya dengan karakteristik pelayanan. Hubungan tundaan dengan tingkat pelayanan sebagai acuan penilaian simpang, seperti pada Tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5 Kriteria Tingkat Pelayanan Untuk Simpang Bersinyal

Tundaan Per Kendaraan (detik/smp)	Tingkat Pelayanan
≤ 5	A
5,1 – 15	B
15,1 - 25	C
25,1 – 40	D
40,1 – 60	E
≥ 60	F

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (1997)

Tingkat pelayanan untuk manajemen dan rekayasa lalu lintas diklasifikasikan sebaga berikut.

1. Tingkat Pelayanan A

- Arus bebas dengan volume lalu lintas rendah dan kecepatan tinggi.
- Kepadatan lalu lintas sangat rendah dengan kecepatan yang dapat dikendalikan oleh pengemudi berdasarkan batasan kecepatan maksimum/minimum.
- Pengemudi dapat mempertahankan kecepatan yang diinginkan tanpa atau dengan sedikit tundaan.

2. Tingkat Pelayanan B

- Arus stabil dengan volume lalu lintas sedang dan kecepatan mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas.
- Kepadatan lalu lintas rendah hambatan internal lalu lintas belum memengaruhi kecepatan.
- Pengemudi masih punya cukup kebebasan untuk memilih kecepatannya dan lajur jalan yang digunakan.

3. Tingkat Pelayanan C

- Arus masih terbilang stabil tetapi kecepatan dan pergerakan kendaraan dikendalikan oleh volume lalu lintas yang mulai tinggi.
- Kepadatan lalu lintas masih baik karena hambatan internal lalu lintas belum meningkat.
- Peengemudi memiliki keterbatasan untuk memilih kecepatan, pindah lajur atau mendahului.

4. Tingkat Pelayanan D

- Arus sudah tidak stabil dengan volume lalu lintas tinggi dan kecepatan masih ditolerir namun sangat terpengaruh oleh perubahan kondisi arus.
- Kepadatan lalu lintas mulai tinggi dan fluktuasi volume lalu lintas serta hambatan temporer dapat menyebabkan penurunan kecepatan yang besar.

- pengemudi memiliki kebebasan yang sangat terbatas dalam menjalankan Kendaraan, kenyamanan rendah, tetapi kondisi ini masih dapat ditolerir untuk waktu yang singkat.
5. Tingkat Pelayanan E
- Arus lebih rendah daripada tingkat pelayanan D dengan volume lalu lintas mendekati kapasitas jalan dan kecepatan sangat rendah.
 - Kepadatan lalu lintas tinggi karena hambatan internal lalu lintas tinggi.
 - Pengemudi mulai merasakan kemacetan-kemacetan durasi pendek.
6. Tingkat Pelayanan F
- Arus tertahan dan terjadi antrian kendaraan yang panjang.
 - Kepadatan lalu lintas sangat tinggi dan volume sama dengan kapasitas jalan serta terjadi kemacetan untuk durasi yang cukup lama.
 - Dalam keadaan antrian, kecepatan maupun arus turun sampai 0.

3.10 Manajemen / Rekayasa Lalu Lintas

Manajemen lalu lintas berdasarkan Undang-undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan didefinisikan sebagai serangkaian usaha dan kegiatan yang meliputi perencanaan, pengadaan, pemasangan, pengaturan, dan pemeliharaan fasilitas perlengkapan jalan dalam rangka mewujudkan, mendukung dan memelihara keamanan, keselamatan, ketertiban, dan kelancaran Lalu Lintas.

3.10.1 Tujuan Manajemen Lalu Lintas

Tujuan dilakukan Manajemen Lalu Lintas sebagai berikut ini.

1. Mendapatkan tingkat efisiensi dari pergerakan lalu lintas secara menyeluruh dengan tingkat aksesibilitas (ukuran kenyamanan) yang tinggi dengan menyeimbangkan permintaan pergerakan dengan sarana penunjang yang ada.
2. Meningkatkan tingkat keselamatan dari pengguna yang dapat diterima oleh semua pihak dan memperbaiki tingkat keselamatan tersebut sebaik mungkin.

3. Melindungi dan memperbaiki keadaan kondisi lingkungan dimana arus lalu lintas tersebut berada.
4. Mempromosikan penggunaan energi secara efisien.

3.10.2 Alternatif Dan Skenario Manajemen Lalu lintas

Dalam pemecahan masalah lalu lintas berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga 1997, dibutuhkan rekayasa dan manajemen lalu lintas untuk meningkatkan kinerja jalan. Berikut ini adalah pemecahan masalah yang bisa diterapkan pada persimpangan sesuai pedoman Direktorat Jenderal Bina Marga 1997.

1. Pengaturan Ulang Waktu Siklus

Waktu siklus adalah waktu satu periode lampulalulintas, misalnya pada saat suatu arus di lengan pendekat Utara mulai hijau hingga pada pendekat tersebut hijau lagi. Waktu siklus merupakan salah satu cara paling mudah untuk meningkatkan kapasitas simpang. Semakin tinggi waktu siklus, akan semakin tinggi kapasitas simpang, tetapi juga akan semakin tinggi antrian dan tundaan yang terjadi. Sedangkan waktu siklus yang terlalu rendah akan membuat kapasitas menjadi rendah sehingga mengakibatkan antrian dan tundaan yang tinggi pula. Maka dibutuhkan analisis waktu siklus (*cycle time*) optimum.

2. Penerapan Satu Arah

Penerapan sistem satu arah (SSA) adalah suatu pola lalu lintas yang dilakukan dengan merubah jalan dua arah menjadi jalan satu arah yang berfungsi untuk meningkatkan kapasitas jalan yang arus lalu lintasnya tinggi sehingga meningkatkan kelancaran lalu lintas yang biasanya diterapkan di wilayah perkotaan. Walaupun jarak perjalanan menjadi lebih panjang tetapi sistem ini banyak diterapkan di Indonesia khususnya di kota-kota besar.

3. Perubahan Fase Simpang

Fase adalah suatu rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama. Perlu dilakukan uji coba atau percobaan untuk menentukan pola fase yang paling

efisien, karena semakin sedikit fase yang digunakan semakin tinggi kapasitas simpang tersebut tetapi semakin besar kemungkinan konflik yang dapat terjadi (menimbulkan kecelakaan).

4. Bundaran Bersinyal

Untuk menambah kapasitas bersinyal, dapat dibuat bundaran di tengah-tengah persimpangan dan arus lalu lintas harus mengitari bundaran. Aturan fase pada suatu bundaran bersinyal, berlawanan dengan aturan pada simpang bersinyal tanpa bundaran. Pada bundaran bersinyal, pergantian fase berlawanan arah dengan jarum jam. Pergantian yang berlawanan arah dengan jarum jam tersebut dimaksudkan untuk mengurangi waktu antar hijau, bahkan waktu antar hijau dapat negatif. Artinya, pada waktu fase sebelumnya masih hijau, fase berikutnya sudah dapat memulai waktu hijau.

5. Pelebaran Lengan Pendekat

Kapasitas tergantung pada arus jenuh yang melewati garis henti (*stop line*), yang bila pada belokan tergantung pada lebar pendekat simpang tersebut. Oleh karena itu, menambah lebar dapat menaikkan kapasitas simpang. Rambu peringatan dapat digunakan untuk memastikan bahwa garis henti tepat dan dilebarkan, sementara melebarkan lengan-lengan yang non-kritis tidak memiliki pengaruh pada kapasitas. Panjang dari pelebaran juga sangat penting untuk diperhatikan.