

KAPASITAS DAN TINGKAT PELAYANAN JALAN

(KARYA ILMIAH)

Oleh
Ir.Kamaluddin Lubis
Staf Pengajar jurusan sipil



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2004**

ah
4

004

an Area

KAPASITAS DAN TINGKAT PELAYANAN JALAN

KARYA ILMIAH

Oleh
Ir.Kamaluddin Lubis
Staf Pengajar jurusan sipil



**JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2004**

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas rahmad dan karuniaNYA penulisan karya ilmiah ini dapat diiesaikan dengan baik.

Perkembangan kota yang semakin hari terus berkembang juga seiring dengan laju pertumbuhan kendaraan yang senantiasa dibarengi dengan meningkatnya aktivitas sosial ekonominya. Disisi lain perkembangan transportasi yang sangat pesat juga memberikan dampak berpengaruh negati terhadap lingkungan transportasi

Buku ini adalah bertujuan untuk membantu para pengguna manual dalam memilih penyelesaian yang sesuai dengan masalah umum, perencanaan dan operasional yang mengacu kepada standart manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI 1997) tentang konsep pemikiran diharapkan ini merupakan suatu sumber informasi peting dalam mencari solusi dalam pemecahan persoalan yang ada

Juga diharapkan dapat bermanfaat bagi penulisan juga para pembaca khususnya kepada mahasisiwa. Penulis juga menyadari tulisan ini masih kurang dari kesempurnaan oleh sebab itu kritik ataupun saran diharaplkan.

Medan, Maret 2004
Penulis,

Ir.Kamaluddin Lubis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|-----------|
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | ii |
| BAB I KAPASITAS DAN TINGKAT PELAYANAN JALAN | 1 |
| 1.1 Umum..... | 1 |
| 1.2 Tundaan | 10 |
| 1.3 Pedoman Penggunaan | 11 |
| 1.4 Panduan Rekayasa Lalu lintas | 15 |
| BAB II LANGKAH-LANGKAH PERHITUNGAN | 18 |
| 2.1 Prosedur Perhitungan | 18 |
| BAB.III. PENUTUP | 49 |
| 3.1 Kesimpulan | 49 |
| DAFTAR PUSTAKA | |

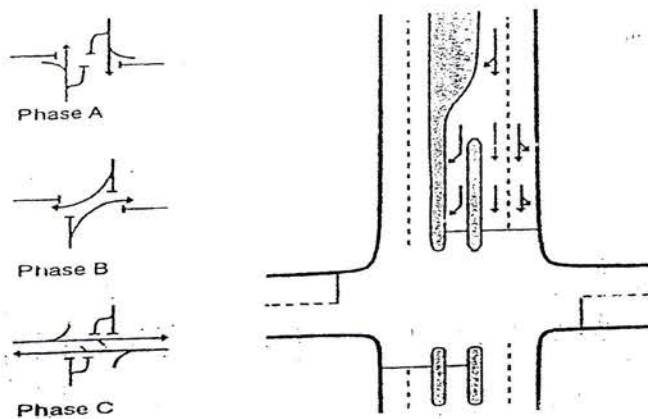
BAB.I KAPASITAS DAN TINGKAT PELAYANAN JALAN

1.1. Umum

Metodologi untuk analisa simpang bersinyal yang diuraikan di bawah ini, didasarkan pada prinsip-prinsip utama sebagai berikut :

a. Geometri

Perhitungan dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Hal ini terjadi jika gerakan belok-kanan dan/atau belok kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu lintas yang lurus, atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu lintas dalam pendekat seperti gambar 1.1 berikut



Gambar. 1.1 Bentuk fase yang dipisahkan oleh pulau-pulau lalu lintas

Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (W_e) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan keluar suatu simpangan dan distribusi dari gerakan-gerakan membelok .

b. 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 setiapgerakan (belok kiri Q_{LT} , lurus Q_{ST} dan belok kanan Q_{RT}) dikonversi dari kendaraan per-jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per-jam dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan seperti tabel 1.1 berikut:

Tabel 1.1. Nilai Ekivalen mobil penumpang (emp).

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

c. Kapasitas (C)

Kapasitas pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C = S \times g / c \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

C = Kapasitas (smp/jam)

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

g = Waktu hijau (det)

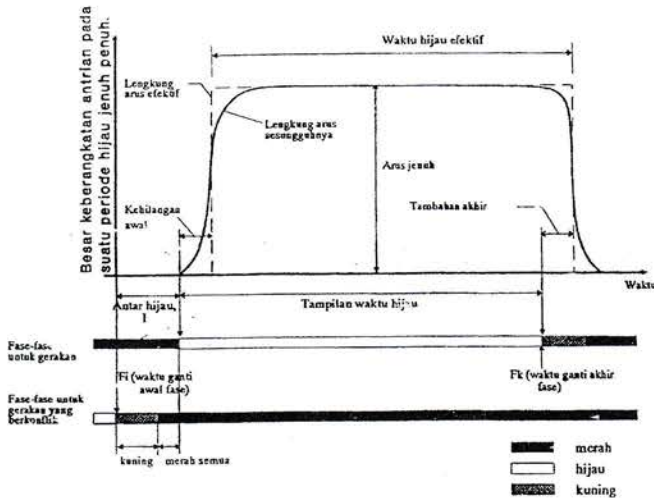
c = Waktu siklus, yaitu selang waktu untuk urutan perubahan sinyal yang lengkap (yaitu antara dua awal hijau yang berurutan pada fase yang sama)

Oleh karena itu perlu diketahui atau ditentukan waktu sinyal dari simpang agar dapat menghitung kapasitas dan ukuran perilaku lalu lintas lainnya.

Pada rumus di atas, arus jenuh dianggap tetap selama waktu hijau. Meskipun demikian dalam kenyataannya, arus berangkat mulai dari 0 pada awal waktu hijau dan mencapai nilai puncaknya setelah 10-15 detik. Nilai ini akan menurun sedikit sampai akhir waktu hijau, lihat gambar 1.1:1 di bawah. Arus berangkat juga terus berlangsung selama waktu kuning dan merah-semua hingga turun menjadi 0, yang biasanya terjadi 10-15 detik setelah awal sinyal merah.

Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya apa yang disebut sebagai 'Kehilangan awal' dari waktu hijau efektif, arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu 'Tambahkan akhir' dari waktu hijau efektif, lihat gambar 1.2. jadi besarnya waktu hijau efektif, yaitu lamanya waktu hijau dimana arus berangkat terjadi dengan besaran tetap sebesar S , dapat kemudian dihitung dengan rumus berikut:

Waktu Hijau Efektif = Tampilan waktu hijau - Kehilangan awal + Tambahan akhir... (2)



Gambar 1.2 Mode! dasar untuk arus jenuh (Akcelik 1989)

Melalui analisa data lapangan dari seluruh simpang yang disurvei telah ditarik kesimpulan bahwa rata-rata besarnya Kehilangan awal dan Tambahan akhir, keduanya mempunyai nilai sekitar 4,8 detik. Sesuai dengan rumus di atas, untuk kasus standar, besarnya waktu hijau efektif menjadi sama dengan waktu hijau yang ditampilkan. Kesimpulan dari analisa ini adalah bahwa tampilan waktu hijau dan besar arus jenuh puncak yang diamati dilapangan untuk masing-masing lokasi, dapat digunakan pada rumus (1) di atas, untuk menghitung kapasitas pendekat tanpa penyesuaian dengan kehilangan awal dan tambahan akhir.

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) 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.

$$S = S_o \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \times \dots \times F_n \dots \dots \dots (3)$$

Untuk pendekatan terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e):

$$S_o = 600 \times W_e \dots \dots \dots (4)$$

Penyesuaian kemudian dilakukan untuk kondisi-kondisi berikut ini:

- Ukuran kota CS, jutaan penduduk
- Hambatan samping SF, kelas hambatan samping dari lingkungan jalan dan kendaraan tak bermotor
- Kelandaian G, % naik (+) atau turun (-)
- Parkir P, jarak garis henti – kendaraan parker pertama
- Gerakan membelok RT, % belok-kanan
LT, % belok-kiri

Untuk pendekat terlawan, keberangkatan dari antrian sangat dipengaruhi oleh kenyataan bahwa sopir-sopir di Indonesia tidak menghormati “aturan hak jalan” dari sebelah kiri yaitu kendaraan-kendaraan belok kanan memaksa menerobos lalu-lintas lurus yang berlawanan. Model-model dari Negara Barat tentang keberangkatan ini, yang didasarkan pada teori “penerimaan celah” (gap-acceptance), tidak dapat diterapkan. Suatu model penjelasan yang didasarkan pada pengamatan perilaku pengemudi telah dikembangkan dan diterapkan dalam manual ini. Apabila terdapat gerakan belok kanan dengan rasio tinggi, umumnya menghasilkan kapasitas-kapasitas

yang lebih rendah jika dibandingkan dengan model Barat yang sesuai. Nilai-nilai smp yang berbeda untuk pendekat terlawan juga digunakan seperti diuraikan diatas.

Arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e) dan arus lalu-lintas belok kanan pada pendekat tersebut dan juga pada pendekat yang berlawanan, karena pengaruh dan factor-faktor tersebut tidak linier. Kemudian dilakukan penyesuaian untuk kondisi sebenarnya sehubungan dengan Ukuran kota, Hambatan samping, Kelandaian dan Parkir sebagaimana terdapat dalam rumus 2 diatas.

d. Penentuan waktu sinyal

Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap dilakukan berdasarkan metoda Webster (1996) untuk meminimumkan tundaan total pada suatu simpang. Pertama-tama ditentukan waktu siklus (c), selanjutnya waktu hijau (g) pada masing-masing fase (i).

WAKTU SIKLUS

$$c = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - \sum FR_{crit}) \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

c = Waktu siklus sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

FR = Arus dibagi dengan arus jenuh (Q/S)

FR_{crit} = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

$\sum(FR_{crit})$ = Rasio arus simpang = jumlah FR_{crit} dari semua fase pada siklus tersebut.

Jika waktu siklus tersebut lebih kecil dari nilai ini maka ada resiko serius akan terjadinya lewat jenuh pada simpang tersebut. Waktu siklus yang terlalu panjang akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Jika nilai $\sum(FR_{crit})$ mendekati atau lebih dari 1 maka simpang tersebut adalah lewat jenuh dan rumus tersebut akan menghasilkan nilai waktu siklus yang sangat tinggi atau negative.

WAKTU HIJAU

$$g_i = (c - LTI) \times FR_{crit} / \sum(FR_{crit}) \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase I (detik)

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umumnya lebih peka terhadap kesalahan-kesalahan dalam pembagian waktu hijau dari pada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecilpun dari rasio hijau (g/c) yang ditentukan dari rumus 5 dan 6 diatas menghasilkan bertambah tingginya tundaan rata-rata pada simpang tersebut.

e. Derajat kejenuhan

Kapasitas pendekat diperoleh dengan perkalian arus jenuh dengan rasio hijau (g/c) pada masing-masing pendekat



Derajat kejenuhan diperoleh sebagai:

$$DS = Q/C = (Q \times c)/(S \times g) \dots\dots\dots (7)$$

f. Perilaku lalu-lintas (kualitas lalu-lintas)

Berbagai ukuran perilaku lalu-lintas dapat ditentukan berdasarkan pada arus lalu-lintas (Q), derajat kejenuhan (DS) dan waktu sinyal (c dan g) sebagaimana diuraikan di bawah:

PANJANG ANTRIAN

Jumlah rata-rata antrian smp pada awal sinyal hijau (NQ) dihitung sebagai jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (NQ₁) ditambah jumlah smp yang datang selama fase merah (NQ₂):

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots (8)$$

dengan

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \dots\dots\dots (9)$$

jika DS > 0,5; selain dari itu NQ₁ = 0

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

NQ₁ = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

NQ₂ = jumlah smp yang datang selama fase merah

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

c = waktu siklus (det)

C = kapasitas (smp/jam) = arus jenuh kali rasio hijau (S x GR)

Q = arus lalu-lintas pada pendekat tersebut (smp/det)

Untuk keperluan perencanaan, Manual memungkinkan untuk penyesuaian dari nilai rata-rata ini ketingkat peluang pembebanan lebih yang dikehendaki.

Panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian (NQ) dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp ($20m^2$) dan pembagian dengan lebar masuk.

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}} \dots\dots\dots (11)$$

ANGKA HENTI

Angka henti (NS), yaitu jumlah berhenti rata-rata per-kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dihitung sebagai

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots (12)$$

dimana c adalah waktu siklus (det) dan Q arus lalu-lintas (smp/jam) dari pendekat yang ditinjau.

RASIO KENDARAAN TERHENTI

Rasio kendaraan terhenti p_{sv} , yaitu rasio kendaraan yang harus berhenti akibat sinyal merah sebelum melewati suatu simpang, I dihitung sebagai:

$$p_{sv} = \min(NS,1) \dots\dots\dots (13)$$

dimana NS adalah angka henti dari suatu pendekat.

1.2. Tundaan

Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal:

- TUNDAAN LALU LINTAS (DT) karena interaksi lalu-lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang.
- TUNDAAN GEOMETRI (DG) karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau berhenti karena lampu merah.

Tundaan rata-rata untuk suatu pendekat j dihitung sebagai:

$$D_j = DT_j + DG_j \dots\dots\dots (14)$$

dimana:

D_j = tundaan rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

DT_j = tundaan lalu-lintas rata-rata untuk pendekat j (det/smp)

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

- Tundaan lalu-lintas rata-rata pada suatu pendekat j dapat ditentukan dari rumus berikut (didasarkan pada Akcelik 1988):

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (I - GR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \dots\dots\dots (15)$$

dimana:

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

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat kejenuhan

C = kapasitas (smp/jam)

NQ_1 = jumlah smp yang tertinggi dari fase hijau sebelumnya

Perhatikan bahwa hasil perhitungan tidak berlaku jika kapasitas simpang dipengaruhi oleh faktor-faktor “luar” seperti terhalangnya jalan keluar akibat kemacetan pada bagian hilir, pengaturan oleh polisi secara manual dsb.

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat j dapat diperkirakan sebagai berikut:

$$DG_j = (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \dots\dots\dots (16)$$

dimana:

DG_j = tundaan geometri rata-rata pada pendekat j (det/smp)

p_{sv} = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat

p_T = rasio kendaraan membelok pada suatu pendekat

Nilai normal 6 detik untuk kendaraan belok tidak terhenti dan 4 detik untuk yang berhenti didasarkan anggapan-anggapan: 1) kecepatan = 40 km/jam; 2) kecepatan belok tidak berhenti = 10 km/jam; 3) percepatan dan perlambatan = 1,5 m/det²; 4) kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.

1.3. Pedoman penggunaan

1. Tipe penggunaan manual

Manual dapat memenuhi berbagai macam kebutuhan dan jenis perhitungan untuk simpang bersinyal sebagaimana dicontohkan di bawah:

a). Perancangan

Diketahui: Arus-arus lalu=lintas harian (LHRT)

Tugas: Penentuan denah dan tipe pengaturan

Contoh: Penentuan fase dan denah simpang untuk suatu simpang yang dirancang dengan tuntutan lalu-lintas tertentu

Perbandingan dengan cara pengaturan dan tipe fasilitas jalan yang lain, seperti pengaturan tanpa sinyal, bundaran dsb.

b). Perencanaan

Diketahui: Denah dan arus lalu-lintas (per jam atau per hari)

Tugas: Penentuan rencana yang disarankan.

Contoh: Pemakaian sinyal bagi simpang yang sebelumnya tidak menggunakan sinyal, Peningkatan dari simpang bersinyal yang telah ada, misalnya dengan fase sinyal dan rencana pendekat yang baru.

Perencanaan simpang bersinyal yang baru.

c). Pengoperasian

Diketahui: Rencana Geometrik, fase sinyal dan arus lalu-lintas perjam.

Tugas: Perhitungan waktu sinyal dan kapasitas.

Contoh: Memperbaharui waktu sinyal untuk berbagai perioda dari hari tersebut.

Perkiraan kapasitas cadangan dan kebutuhan yang diharapkan bagi peningkatan kapasitas dan/atau perubahan fase sinyal sebagai hasil dari pertumbuhan lalu lintas tahunan.

Waktu sinyal yang dihitung dengan manual ini disarankan untuk sinyal dengan kendali waktu tetap bagi kondisi waktu lalu-lintas yang digunakan sebagai data masukan. Untuk keperluan pemasangan dilapangan, supaya berda pada sisi yang aman terhadap fluktuasi lalu-lintas, maka disarankan suatu penambahan waktu hijau sebesar 10% secara proporsional dan penambahan waktu siklus yang sepadan. Jika penentuan waktu digunakan untuk pengaturan aktuasi lalu-lintas waktu hijau maksimum sebaiknya ditentukan 25-40% lebih besar dari pada waktu hijau jika menggunakan kendali waktu-tetap.

Metoda penentuan waktu sinyal dapat juga digunakan untuk menentukan waktu siklus minimum pada suatu system koordinasi sinyal dengan waktu tetap (yaitu seluruh sistem akan beroperasi dengan waktu siklus tertinggi yang dibutuhkan untuk salah satu simpangnya).

2. Nilai Normal

Pada tingkat operasional (c diatas) semua data masukan yang diperlukan pada umumnya dapat diperoleh karena perhitungan-perhitungan merujuk kepada simpang bersinyal yang telah ada. Tetapi untuk keperluan perancangan dan perencanaan sejumlah anggapan harus dibuat agar dapat menerapkan prosedur-prosedur perhitungan yang diuraikan pada bagian 3. pedoman awal sehubungan dengan anggapan dan nilai normal untuk digunakan dalam kasus-kasus ini diberikan dibawah:

a. Arus lalu-lintas

Jika hanya arus lalu-lintas harian (LHRT) saja yang ada tanpa diketahui distribusi lalu-lintas pada setiap jamnya, maka arus rencana per jam dapat diperkirakan sebagai suatu persebtaase dari LHRT sebagai berikut:

Tabel 12. Penentuan nilai K

| Tipe kota dan jalan | Faktor persen k $k \times LHRT = \text{ arus rencana/jam}$ |
|--|---|
| Kota kota . 1 juta penduduk | |
| - Jalan-jalan pada daerah komersial dan jalan arteri | 7-8 % |
| - Jalan pada daerah permukiman | 8-9 % |
| Kota-kota \leq 1 juta penduduk | |
| - Jalan-jalan pada daerah komersial dan jalan arteri | 8-10 % |
| - Jalan pada daerah permukiman | 9-12 % |

Jika distribusi gerakan membelok tidak diketahui dan tidak dapat diperkirakan, 15% belok-kanan dan 15% belok-kiri dari arus pendekat total dapat dipergunakan (kecuali jika ada gerakan membelok tersebut yang akan dilarang):

Nilai-nilai normal untuk komposisi lalu-lintas berikut dapat digunakan bila tidak ada taksiran yang lebih baik.

Tabel 1.3. Komposisi lalu lintas berdasarkan ukuran kota

| Ukuran kota Juta penduduk | Komposisi lalu-lintas kendaraan bermotor % | | | Rasio Kendaraan |
|------------------------------|--|-----------------------|--------------------|--------------------|
| | Kendaraan ringan LV | Kendaraan berat HV | Sepeda motor MC | |
| . 3 juta | 60 | 4,5 | 35,5 | 0,01 |
| 1-3 juta | 55,5 | 3,5 | 41 | 0,05 |
| 0,5-1 juta | 40 | 3,0 | 57 | 0,14 |
| 0,1-0,5 juta | 63 | 2,5 | 34,5 | 0,05 |
| ,0,1 juta | 63 | 2,5 | 34,5 | 0,05 |

1.4. Panduan rekayasa lalu lintas

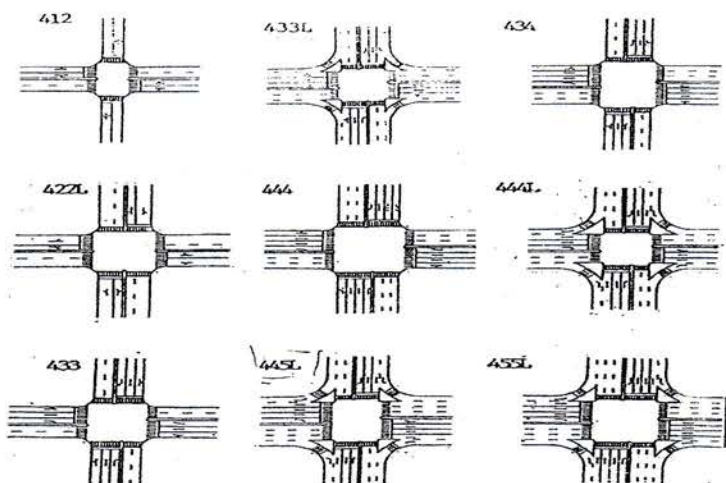
Pada bagian ini memberikan saran tentang pemilihan tipe pengaturan dan situasi sebagai masukan untuk berbagai tingkat analisa rinci yang berbeda. Metodologi yang digunakan pada masing-masing tingkat pada dasarnya adalah sama, yaitu menghitung waktu sinyal, kapasitas dan kualitas lalu-lintas untuk kumpulan data masukan yang berurutan sampai diperoleh suatu penyelesaian yang memuaskan bagi persoalan yang diberikan

a. Tujuan

Bertujuan untuk membantu para pengguna manual dalam memilih penyelesaian yang sesuai dengan masalah-masalah umum perancangan, perencanaan, dan operasional dengan menyediakan saran-saran mengenai tipe dan denah standar simpang bersinyal yang layak dan penerapannya pada berbagai kondisi arus. Disarankan untuk perencanaan simpang baru sebaiknya didasarkan pada analisa biaya siklus hidup dari perencanaan yang paling ekonomis pada arus lalu-lintas tahun dasar yang berbeda. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar pemilihan asumsi awal tentang denah dan rencana yang diterapkan jika menggunakan metode perhitungan rinci. Untuk analisa operasional dan peningkatan simpang sudah ada, saran yang diberikan dalam bentuk perilaku lalu-lintas sebagai fungsi arus pada keadaan standar. Rencana dan bentuk pengaturan lalu-lintas harus dengan tujuan memastikan derajat kejenuhan tidak melebihi nilai yang dapat diterima (biasanya 0,75). Saran-saran juga diberikan mengenai masalah berikut yang berkaitan dengan rencana detail dan pengaturan lalu-lintas:

1. Dampak terhadap keselamatan lalu-lintas dan asap kendaraan akibat perubahan perencanaan geometrid an pengaturan lalu-lintas.
 2. Hal-hal perencanaan rinci terutama yang mengenai kapasitas dan keselamatan.
 3. Jenis pengaturan lalu=lintas dan alat-alat pengaturan lalu-lintas.
- b. Definisi tipe (jenis) simpang standar dan pola-pola fase sinyal

Buku Standar Spesifikasi Perencanaan geometrik untuk Jalan Perkotaan (Direktorat Jenderal Bina Marga, Maret 1992) mencantumkan panduan umum untuk perencanaan simpang sebidang.informasi lain yang berhubungan terutama tentang marka jalan terdapat pada buku (Produk Standar untuk Jalan Perkotaan”(Direktorat Jeneral Bina Marga, Februari 1987). Dokumen ini mencantumkan parameter-parameter perencanaan untuk simpang-simpang berbagai kelas jalan,tetapi tidak menentukan jenis simpang tertentu. Sejumlah jenis-jenis simpang ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan Tabel 1.4.dibawah untuk penggunaan khusus pada bagian panduan ini. Semua jenis simpang dianggap mempunyai kereb dan trotoar yang cukup,dan ditempatkan pada daerah perkotaan dengan hambatan samping yang sedang.



Gambar. 1.4. Jenis-jenis simpang tiga lengan

Tabel 1.4
Defenisi jenis-jenis simpang bersinyal

➤ SIMPANG EMPAT LENGAN

| Kode Jenis | Pendekat jalan utama | | | Pendekat jalan minor | | | Jenis fase | |
|------------|----------------------|--------|------|----------------------|--------|------|------------|-------|
| | Jumlah lajur | Median | LTOR | Jumlah lajur | Median | LTOR | LT/RT % | |
| | | | | | | | 10/10 | 25/25 |
| 411 | 1 | N | N | 1 | N | N | 42 | 42 |
| 412 | 2 | Y | N | 1 | N | N | 42 | 42 |
| 422 | 2 | Y | N | 2 | Y | N | 42 | 42 |
| 422L | 2 | Y | Y | 2 | Y | Y | 42 | 42 |
| 423 | 3 | Y | N | 2 | Y | N | 43A | 43C |
| 433 | 3 | Y | N | 3 | Y | N | 44C | 44B |
| 433L | 3 | Y | Y | 3 | Y | Y | 44C | 44B |
| 434 | 4 | Y | N | 3 | Y | N | 44C | 44B |
| 444 | 4 | Y | N | 4 | Y | N | 44C | 44B |
| 444L | 4 | Y | Y | 4 | Y | Y | 44C | 44B |
| 445L | 5 | Y | Y | 4 | Y | Y | 44C | 44B |
| 445L | 5 | Y | Y | 5 | Y | Y | 44C | 44B |

➤ SIMPANG TIGA LENGAN

| Kode Jenis | Pendekat jalan utama | | | Pendekat jalan minor | | | Jenis fase | |
|------------|----------------------|--------|------|----------------------|--------|------|------------|-------|
| | Jumlah lajur | Median | LTOR | Jumlah lajur | Median | LTOR | LT/RT % | |
| | | | | | | | 10/10 | 25/25 |
| 311 | 1 | | N | N | 1 | N | 32 | 32 |
| 312 | 2 | | Y | N | 1 | N | 32 | 32 |
| 322 | 2 | | Y | N | 2 | N | 32 | 32 |
| 323 | 3 | | Y | Y | 2 | Y | 33 | 33 |
| 333 | 3 | | Y | N | 3 | N | 33 | 33 |
| 333L | 3 | | Y | Y | 3 | Y | 33 | 33 |

BAB II LANGKAH-LANGKAH PERHITUNGAN

2.1. Prosedur perhitungan

Prosedur yang diperlukan untuk perhitungan waktu sinyal, kapasitas dan ukuran kinerja diuraikan di bawah, langkah demi langkah dalam urutan berikut:

Langkah A: Data Masukan

LANGKAH A-1 : GEOMETRIK PENGATURAN LALU LINTAS DAN KONDISI LINGKUNGAN (Formulir SIG-I).

Informasi untuk diisi pada bagian atas Form SIG-1:

– Umum

Istilah tanggal, Dikerjakan oleh, Kota, Simpang, Hal (mis.Alt.1) dan waktu (mis,puncak pagi 1996) pada judul formulir.

– Ukuran kota

Masukan jumlah penduduk perkotaan (ketelitian 0,1 jt penduduk)

– Fase dan waktu sinyal

Gunakan kotak-kotak di bawah judul Formulir SIG-I untuk menggambar diagram-diagram yang ada (jika ada). Masukan waktu hijau (g) dan waktu antar hijau (IG) yang ada pada setiap kotak, dan masukan waktu siklus dan waktu hilang total ($LTI = \sum IG$) untuk kasus yang ditinjau (jika ada).

- Belok kiri langsung

Tunjukkan dalam diagram-diagram fase dalam pendekatan-pendekat mana gerakan belok kiri langsung diijinkan (gerakan membelok tersebut dapat dilakukan dalam semua fase tanpa memperhatikan sinyal).

Gunakan ruang kosong pada bagian tengah dari formulir untuk membuat sketsa simpang tersebut dan masukkan semua data masukan geometrik yang diperlukan:

- Denah dan posisi dari pendekatan-pendekat, pulau-pulau lalu lintas, garis henti, penyeberangan pejalan kaki, marka lajur dan marka panah.
- Lebar (ketelitian sampai sepersepuluh meter terdekat) dari bagian pendekatan yang diperkeras, tempat masuk dan keluar. Informasi ini juga dimasukkan dibagian bawah formulir.
- Panjang lajur dengan panjang terbatas (ketelitian sampai meter terdekat).
- Gambar suatu panah yang menunjukkan arah Utara pada sketsa.

Masukkan data kondisi dari lokasi lainnya yang berhubungan dengan kasus yang sedang dipelajari pada table di bagian bawah dari formulir:

- Kode pendekatan (kolom 1)

Gunakan Utara, Selatan, Timur, Barat atau tanda lainnya yang jelas untuk menamakan pendekatan-pendekat tersebut. Perhatikan bahwa lengan simpang dapat dibagi oleh pulau-pulau lalu-lintas menjadi dua pendekatan atau lebih. Misal N(LT

+ ST), N(RT). Cara yang sama digunakan jika gerakan-gerakan lalu-lintas pada pendekat tersebut mempunyai lampu hijau yang berbeda fase.

- Tipe lingkungan jalan (kolom 2)

Masukan tipe lingkungan jalan (COM = Komersial; RES = Pemukiman; RA = Akses terbatas) untuk setiap pendekat.

- Tingkat hambatan samping (kolom 3)

Masukan tingkat hambatan samping:

Tinggi: Besar arus berangkat pada tempat masuk dan keluar berkurang oleh karena aktivitas disamping jalan pada pendekat seperti angkutan umum berhenti, keluar-masuk halaman disamping jalan dsb.

Rendah: Besar arus berangkat pada tempat masuk dan keluar tidak berkurang oleh hambatan samping dari jenis-jenis yang disebut di atas.

- Median (kolom 4)

Masukkan jika terdapat median pada bagian kanan dari garis henti dalam pendekat (Ya/Tidak).

- Kelandaian (kolom 5)

Masukkan kelandaian dalam % (naik = + %; turun = - %)

- Belok kiri langsung (kolom 6)

Masukkan jika belok kiri langsung (LTOR) diijinkan (YA/Tidak) pada pendekat tsb (tambahan untuk menunjukkan hal ini dalam diagram fase sebagaimana diuraikan diatas).

- Jarak ke kendaraan parkir (kolom 7)

Masukkan jarak normal antara garis-henti dan kendaraan pertama yang diparkir disebelah hulu pendekat, untuk kondisi yang dipelajari.

- Lebar pendekat (kolom 8-11)

Masukkan, dari sketsa, lebar (ketelitian sampai sepersepuluh meter terdekat) bagian yang diperkeras dari masing-masing pendekat (huiu dari titik belok untuk LTOR). Belok-Kiri Langsung, Tempat masuk (pada garis henti) dan Tempat Keluar (bagian tersempit setelah melewati jalan melintang).

- Catatan

Catat pada lembar terpisah informasi lainnya yang anda pikir dapat mempengaruhi kapasitas pendekat tersebut.

LANGKAH A-2 KONDISI ARUS LALU LITAS (Formulir SIG-II).

- Jika data lalu-lintas rinci dengan distribusi jenis kendaraan untuk masing-masing gerakan beloknya tersedia, maka Formulir SIG-II dapat digunakan. Masukkan arus lalu-lintas untuk masing-masing jenis kendaraan bermotor dalam kend/jam pada kolom 3,6,9 dan arus kendaraan bermotor pada kolom 17. Pada keadaan lainnya mungkin lebih baik untuk menggunakan formulir penyahian data yang lebih sederhana, dan masukkan lalu-lintas. Beberapa kumpulan data arus lalu-lintas mungkin diperlukan untuk menganalisa periode-periode lainnya, seperti jam-puncak pagi, jam-puncak siang, jam-puncak sore, jam-lewat puncak dsb.

Perhatian: Semua gerakan lalu-lintas di dalam simpang harus di catat pada Formulir SIG-II, juga untuk belok kiri langsung (LTOR). Tetapi gerakan LTOR tidak dimasukkan dalam perhitungan waktu sinyal seperti diuraikan dalam

langkah C, (tetapi sudah diperhitungkan dalam perhitungan perilaku lalu-lintas dalam langkah E).

- Hitung arus lalu-lintas dalam smp/jam bagi masing-masing jenis kendaraan untuk kondisi terlindung dan/atau terlawan (yang sesuai tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang diijinkan) dengan menggunakan emp berikut:

Tabel 3.1. Nilai arus lalu-lintas (emp)

| Tipe kendaraan | emp | |
|----------------|----------------------|-------------------|
| | Pendekat terlindungi | Pendekat terlawan |
| LV | 1,0 | 1,0 |
| HV | 1,3 | 1,3 |
| MC | 0,2 | 0,4 |

Masukkan hasilnya pada kolom (4)-(5),(7)-(8),(10)-(11)

- Hitung arus lalu-lintas total Q_{MV} dalam kend/jam dan smp/jam pada masing-masing pendekat untuk kondisi-kondisi arus berangkat terlindungi dan/atau terlawan (yang sesuai tergantung pada fase sinyal dan gerakan belok kanan yang diijinkan). Masukkan hasilnya pada kolom (12)-(14).
- Hitung untuk masing-masing pendekat rasio kendaraan belok kiri p_{LT} , dan rasio blok kanan p_{RT} , dan masukkan hasilnya ke dalam kolom (15) dan (16) pada baris yang sesuai untuk arus LT dan RT:

$$p_{LT} = \frac{LT(smp / jam)}{Total(smp / jam)} \dots\dots\dots(17)$$

$$p_{RT} = \frac{RT(smp / jam)}{Total(smp / jam)} \dots\dots\dots (18)$$

(bernilai sama untuk pendekat terlawan dan terlindung).

- Hitung rasio kendaraan tak bermotor dengan membagi arus kendaraan tak bermotor Q_{UM} kend/jam pada kolom(17) dengan arus kendaraan bermotor Q_{MV} kend/jam pada kolom (12).

Langkah B: Penggunaan Sinyal

LAGKAH B-1 : PENENTUAN FASE SINYAL (Formulir SIG-IV).

Jika perhitungan akan dikerjakan untuk rencana fase sinyal yang lain dari yang digambarkan pada Formulir SIG-1, maka rencana fase sinyal harus dipilih sebagai alternative permulaan untuk keperluan evaluasi. Berbagai tipe fase sinyal telah ditunjukkan pada bagian I.

PROSEDUR

- Pilih fase sinyal

Biasanya pengaturan dua fase dicoba sebagai kejadian dasar, karena biasanya menghasilkan kapasitas yang lebih besar dan tundaan rata-rata lebih rendah daripada tipe fase sinyal lain dengan pengaturan fase yang biasa dengan pangatur fase konvensional. Arus berangkat belok-kanan pada fase yang berbeda dari gerakan lurus-langsung memerlukan lajur (lajur RT) terpisah. Pengaturan terpisah gerakan belok kanan biasanya hanya dilakukan berdasarkan pertimbangan kapasitas jika arus melebihi 200 smp/jam. Walau demikian, mungkin diperlukan lalu-lintas dalam keadaan tertentu.

- Gambar fase sinyal yang dipilih dalam kotak yang disediakan pada Formulir SIG-IV.

Masing-masing rencana fase yang akan dicoba memerlukan formulir SIG-IV dan SIG-V tersendiri.

LANGKAH B-2 : WAKTU ANTAR HIJAU DAN WAKTU HILANG

(Formulir SIG-III)

- Tentukan waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada setiap akhir fase dan hasil waktu antar hijau (IG) per fase.
- Tentukan waktu hilang (LT) sebagai jumlah dari waktu antar hijau per siklus, dan masukkan hasilnya kedalam bagian bawah kolom 4 pada Formulir SIG-IV.

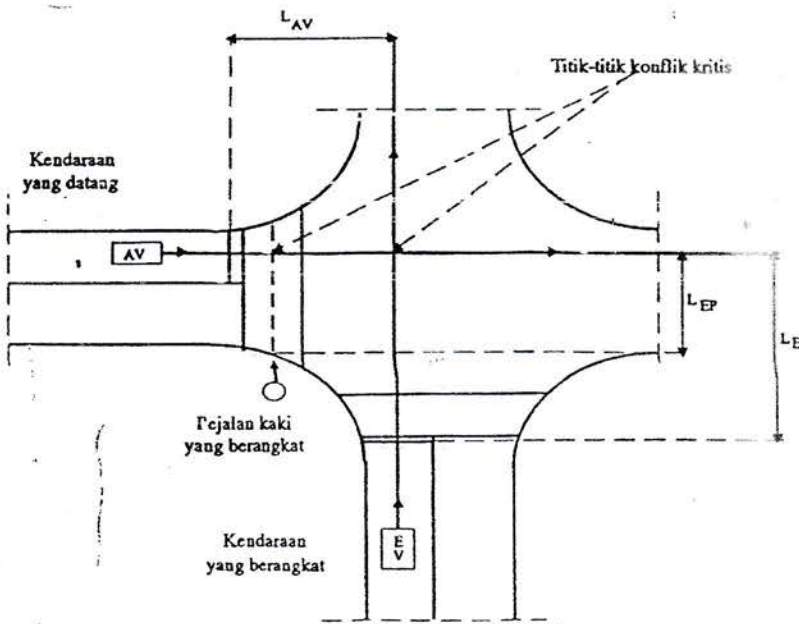
Untuk analisa operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau untuk waktu pengosongan dan waktu hilang dengan Formulir SIG-III seperti diuraikan di bawah. Pada analisa yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut (kuning + merah semua) dapat dianggap sebagai nilai normal:

Tabel 3.2. Analisa operasional dan perencanaan

| 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 |

PROSEDUR UNTUK PERHITUNGAN RINCI

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 yang datang dari garis henti sampai ketitik konflik, dan panjang dari kendaraan yang berangkat, lihat gambar 3.1 di bawah:



Gambar 3.1. Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan.

Perhitungan dilakukan dengan Formulir SIG-II untuk semua gerak lalu-lintas yang bersinyal (tidak termasuk LTOR).

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:

$$LTI = \sum (\text{MERAH SEMUA} + \text{KUNING})_i = \sum IG_i \dots\dots\dots (20)$$

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

LANGKAH C: PENENTUAN WAKTU SINYAL

Langkah C meliputi penentuan faktor-faktor berikut

- C-1 : Tipe pendekat
- C-2 : Lebar pendekat efektif
- C-3 : Arus jenuh dasar
- C-4 : Faktor penyesuaian
- C-5 : Rasio arus/arus jenuh
- C-6 : Waktu siklus dan waktu hijau

Perhitungan-perhitungan dimasukkan kedalam Formulir SIG-IV

PENENTUAN WAKTU SINYAL DAN KAPASITAS.

LANGKAH C-1: TIPE PENDEKAT

- Masukkan identifikasi dari setiap pendekat dalam baris pada Formulir SIG-IV kolom 1. Apabila dua gerakan lalu-lintas pada suatu pendekat diberangkatkan

pada fase yang berbeda (misal. lalu-lintas lurus dan lalu-lintas belok-kanan dengan lajur terpisah), harus dicatat pada baris terpisah dan diperlakukan sebagai pendekatan-pendekat terpisah dalam perhitungan selanjutnya. Apabila suatu pendekatan mempunyai nyala hijau pada dua fase, dimana pada keadaan tersebut, tipe lajur dapat berbeda untuk masing-masing fase, satu baris sebaiknya digunakan untuk mencatat data masing-masing fase, dan satu baris tambahan untuk memasukkan hasil gabungan untuk pendekatan tersebut. (Langkah C-4 dan selanjutnya).

- Masukkan nomor dari fase yang masing-masing pendekatan/gerakannya mempunyai nyala hijau pada kolom 2.
- Tentukan tipe dari setiap pendekatan terlindung (P) atau terlawan (O) dengan bantuan gambar 3.2 dibawah dan masukkan hasilnya pada kolom 3.
- Buatlah sketsa yang menunjukkan arus-arus dengan arahnya (Formulir SG-II kolom 13-14) dalam smp/jam pada kotak sudut kiri atas Formulir SIG-IV (pilih hasil yang sesuai untuk kondisi terlindung (Tipe P) atau terlawan (Tipe O) sebagaimana tercatat pada kolom 3.
- Masukkan rasio kendaraan berbelok (p_{LTO} atau p_{LT}, p_{RT}) untuk setiap pendekatan (dari Formulir SIG-II kolom 15-16) pada kolom 4-6.
- Masukkan dari sketsa arus kendaraan belokkanan dalam smp/jam, dalam arahnya sendiri (Q_{RT}) pada kolom 7 untuk masing-masing pendekatan (dari Formulir SIG-II kolom 14).

Masukkan juga untuk pendekatan tipe O arus kendaraan belok kanan, dalam arah yang berlawanan (Q_{RTO}) pada kolom 8 (dari Formulir SIG-II kolom 14).

Gambar 3.2. Penentuan tipe pendekatan

| Tipe Pendekat | Keterangan | Contoh pola-pola pendekatan | | |
|---------------|---|--|-----------------|-----------|
| Terlindungi P | Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan | Jalan satu arah | Jalan satu arah | Simpang T |
| | | | | |
| | | Jalan dua arah, gerakan Belok kanan terbatas | | |
| | | | | |
| Terlawan C | Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan | Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas. | | |
| | | | | |

LANGKAH C-2: LEBAR PENDEKAT EFEKTIF

- Tentukanlah lebar efektif (W_e) dari setiap pendekat berdasarkan informasi tentang lebar pendekat (W_A), lebar masuk (W_{masuk}) dan lebar keluar (W_{keluar}) dari Formulir SIG-I (sketsa dalm kolom 8-11) dan rasio lalu lintas berbelok dari formulir SIG-IV kolom 4-6 sebagai berikut, dan masukkan hasilnya pada kolom 9 pada formulir SIG-IV:

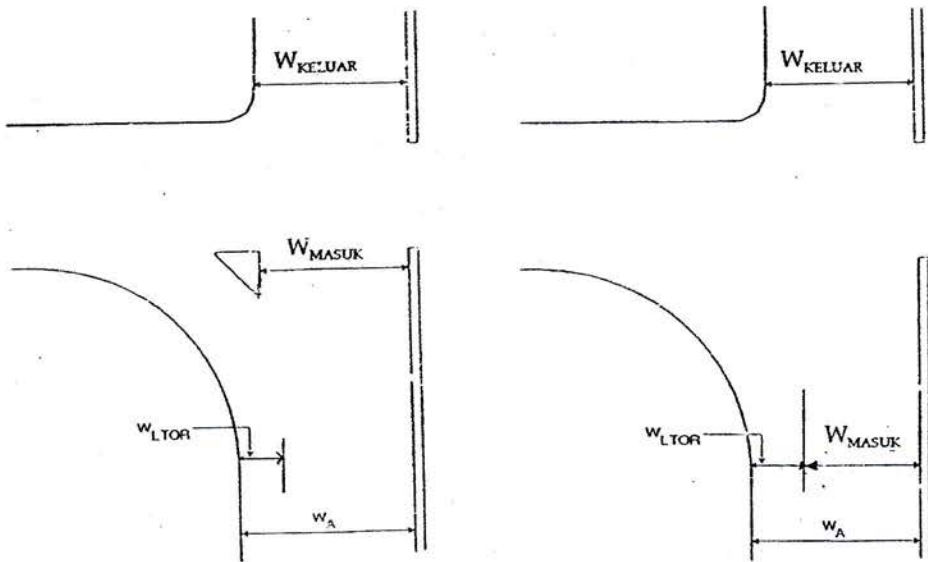
Prosedur Untuk Pendekatnya Tanpa Belok-Kiri Langsung (Ltor)

Periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

Jika $W_{keluar} < W_e \times (1 - p_{RT} - p_{LTOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{keluar} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{RT}$ pada Formulir SIG-IV kolom 18).

Prosedur Untuk Pendekat Dengan Belok-Kiri Langsung (Ltor)

Lebar efektif (W_e) dapat dihitung untuk pendekat dengan pulau lalu-lintas, penentuan lebar masuk (W_{masuk}) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.3, atau untuk pendekat tanpa pulau lalu-lintas yang ditunjukkan pada bagian kanan gambar. Pada keadaan terakhir $W_{masuk} = W_A - W_{LTOR}$. Persamaan dibawah dapat digunakan untuk kedua keadaan tersebut.



Gambar 3.3. Pendekat dengan dan tanpa puiiau lalu-lintas.

A: Jika $W_{L\text{TOR}} \geq 2\text{m}$: Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LTOR dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan dalam pendekat selama sinyal merah.

Langkah A:1 Keluarkan lalu-lintas belok-kiri langsung $Q_{L\text{TOR}}$ dari perhitungan selanjutnya pada Formulir SIG-IV (yaitu $Q = Q_{(S)} + Q_{(RT)}$.)

Tentukan lebar pendekat efektif sebagai berikut:

$$W_e = \text{Min} \begin{cases} W_A - W_{L\text{TOR}} \\ W_{\text{MASUK}} \end{cases} \dots\dots\dots (21)$$

Langkah A:2: Periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

Jika $W_{KELUAR} < W_e \times (1 - p_{RT})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru sama dengan W_{KELUAR} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu-lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$ pada Formulir SIG-IV kolom 18).

B: Jika $W_{LATOR} < 2$ m: Dalam hal ini dianggap bahwa kendaraan LATOR tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya dalam pendekat selama sinyal merah.

Langkah B:1: Sertakan Q_{LATOR} pada perhitungan selanjutnya.

$$W_e = \text{Min} \quad \Rightarrow \quad W_A$$

$$W_{Masuk} + W_{LATOR} \dots\dots\dots (22)$$

$$W_A \times (1 + P_{LATOR}) - W_{LATOR}$$

Langkah B:2: Periksa lebar keluar (hanya untuk pendekat tipe P)

Jika $W_{Keluar} < W_e \times (1 - p_{RT} - p_{LATOR})$, W_e sebaiknya diberi nilai baru yang sama dengan W_{Keluar} , dan analisa penentuan waktu sinyal untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk bagian lalu-lintas lurus saja (yaitu $Q = Q_{ST}$ pada Formulir SIG-IV kolom 18).

LANGKAH C-3: ARUS JENUH DASAR

- Tentukan arus jenuh dasar (S_0) untuk setiap pendekat seperti diuraikan dibawah, dan masukkan hasilnya pada kolom 10.

- a) Untuk pendekat tipe P (arus terlindung).

$$S_o = 600 \times W_e \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots (23)$$

- b) Untuk pendekat tipe O (arus berangkat terlawan).

LANGKAH C-4: FAKTOR PENYESUAIAN

- a) Tentukan faktor penyesuaian berikut untuk nilai arus jenuh dasar untuk kedua tipe pendekat P dan Q sebagai berikut:
- Faktor penyesuaian ukuran kota ditentukan dari tabel 3.3 sebagai fungsi dari ukuran kota yang tercatat pada Formulir SIG-I. hasilnya dimasukkan kedalam kolom 11.

Tabel 3.3. 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 |

- Faktor penyesuaian hambatan samping ditentukan dari tabel 3.4 sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping (tercatat dalam formulir SIG-I), dan rasio kendaraan tak bermotor (dari Formulir SIG-II kolom 18). Hasilnya dimasukkan kedalam kolom 12. jika hambatan samping tidak diketahui, dapat dianggap sebagai tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar

Tabel 3.4. Faktor penyesuaian untuk Tipe lingkungan jalan, Hambatan Samping dan Kendaraan tak bermotor (F_{SF})

| Lingkungan jalan | Hambatan samping | Tipe fase | Rasio kendaraan tak bermotor | | | | | |
|---------------------|----------------------|------------|------------------------------|------|------|------|------|-------|
| | | | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | ≥0,25 |
| Komersial (COM) | Tinggi | Terlawan | 0,93 | 0,88 | 0,84 | 0,79 | 0,74 | 0,70 |
| | | 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 | 0,89 | 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 | 0,90 | 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 |

- Faktor penyesuaian kelandaian Sebagai fungsi dari kelandaian (GRAD) yang tercatat pada Formulir SIG-I, dan hasilnya dimasukkan ke dalam kolom 13 pada Formulir SIG-IV.
- Faktor penyesuaian parkir sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang diparkir pertama (kolom 7 pada Formulir SIG-I) dan lebar pendekat (W_A kolom 9 pada Formulir SIG-IV). Hasilnya dimasukkan kedalam kolom 14. faktor ini dapat juga diterapkan untuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Ini tidak perlu diterapkan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar. F_p dapat juga dihitung dari rumus berikut, yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau:

$$F_p = [L_p/3 - (W_A - 2) \times (L_p/3 - g) / W_A] / g \dots\dots\dots (24)$$

Dimana:

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 (nilai normal 26 det).

b) Tentukan faktor penyesuaian berikut untuk nilai arus jenuh dasar hanya untuk pendekat tipe P sebagai berikut:

- Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan p_{RT} (dari kol.6) sebagai berikut, dan hasilnya dimasukkan kedalam kolom 15.

Perhatikan: Hanya untuk pendekat tipe P; tanpa median; jalan dua arah; lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$\text{Hitung } F_{RT} = 1,0 + p_{RT} \times 0,26 \dots\dots\dots (25)$$

- Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri p_{LT} seperti tercatat pada kolom 5 pada formulir SIG-IV, dan hasilnya dimasukkan kedalam kolom 16.

Perhatikan: Hanya untuk pendekat tipe P tanpa LTOR, lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk:

$$\text{Hitung } F_{LT} = 1,0 - p_{LT} \times 0,6 \dots\dots\dots (26)$$

c) Hitung nilai arus jenuh yang disesuaikan

Nilai arus jenuh yang disesuaikan dihitung sebagai:

$$S = S_0 \times F_{SF} \times F_G \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots (27)$$

Masukkan nilai ini ke dalam kolom 17.

Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau lebih dari satu fase, yang arus jenuhnya telah ditentukan secara terpisah pada baris yang berbeda dalam tabel. Maka nilai arus jenuh kombinasi harus dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau masing-masing fase.

Centch jika suatu pendekat bersinyal hijau pada kedua fase 1 dan 2 dengan waktu hijau g_1 dan g_2 dan arus jenuh S_1 dan S_2 nilai kombinasi S_{1+2} dihitung sebagai berikut:

$$S_{1+2} = \frac{S_1 \times g_1 + S_2 \times g_2}{g_1 + g_2} \dots\dots\dots (28)$$

LANGKAH C-5: RASIO ARUS/RASIO ARUS JENUH

- Masukkan arus lalu-lintas masing-masing pendekat (Q) dari Formulir SIG-II kolom 13 (terlindungi) atau kolom 1 (terlawan) ke dalam kolom 18 pada Formulir SIG-IV.

Perhatikan:

- a. Jika LTOR harus dikeluarkan dari analisa hanya gerakan-gerakan lurus dan belok kanan saja yang dimasukkan dalam nilai Q untuk diisikan ke dalam kolom 18.
- b. Jika $W_e = W_{keluar}$ hanya gerakan lurus saja yang dimasukkan dalam nilai Q dalam kolom 18
- c. Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau dalam dua fase, yang satu untuk arus terlawan (O) dan yang lainnya arus terlindung (P), gabungan arus lalu-

lintas sebaiknya dihitung sebagai smp rata-rata berbobot untuk kondisi terlawan dan terlindung.

- Hitung Rasio Arus (FR) masing-masing pendekatan dan masukkan hasilnya dalam kolom 19:

$$FR = Q / S \dots\dots\dots (29)$$

- Beritanda rasio arus kritis (FR_{crit}) (=tertinggi) pada masing-masing fase dengan melingkarinya pada kolom 19
- Hitung rasio arus simpang (IFR) sebagai jumlah dari nilai-nilai R yang diingkari (= kritis)
- Pada kolom 19, dan masukkan hasilnya ke dalam kotak pada bagian terbawah kolom 19.

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

- Hitung Rasio Fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{crit} dan IFR, dan masukkan hasilnya pada kolom 20.

$$PR = FR_{crit} / IFR \dots\dots\dots (30)$$

LANGKAH C-6: WAKTU SIKLUS DAN WAKTU HIJAU

a) Waktu siklus sebelum penyesuaian

Hitung waktu siklus sebelum penyesuaian (c_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap, dan masukkan hasilnya kedalam kotak dengan tanda "waktu siklus" pada bagian terbawah kolom 11 dari Formulir SIG-IV.

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (I - IFR) \dots\dots\dots (31)$$

Dimana:

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

LTI = Waktu hilang total per siklus(det)

(dari sudut kiri bawah pada Formulir SIG-IV)

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

(dari bagian terbawah kolom 19)

Jika alternative rencana fase sinyal dievaluasi, maka yang menghasilkan nilai terendah dari $(IFR + LTI/c)$ adalah yang paling efisien.

Tabel 3.5. Waktu siklus yang layak (det)

| Tipe pengaturan | Waktu siklus yang layak (det) |
|-----------------------|----------------------------------|
| Pengaturan dua-fase | 40 – 80 |
| Pengaturan tiga-fase | 50 – 100 |
| Pengaturan empat-fase | 80 – 130 |

Nilai-nilai yang lebih rendah dipakai untuk simpang dengan lebar jalan < 10m, nilai yang lebih tinggi untuk jalan yang lebih lebar. Waktu siklus lebih rendah dari nilai yang disarankan, akan menyebabkan kesulitan bagi para pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Waktu siklus yang melebihi 130 detik harus dihindari kecuali pada kasus sangat khusus (simpang sangat besar), karena hal ini sering kali menyebabkan kerugian dalam kapasitas keseluruhan.

Jika perhitungan menghasilkan waktu siklus yang jauh lebih tinggi dari pada batas yang disarankan, maka hal ini menandakan bahwa kapasitas dari denah

simpang tersebut adalah tidak mencukupi. Persoalan ini diselesaikan dengan langkah E di bawah.

b) Waktu hijau

Hitung waktu hijau (g) untuk masing-masing fase:

$$g_i = (c_{ua} - LTI) \times PR \dots\dots\dots (32)$$

dimana:

g_i = Tampilan waktu hijau pada fasei (det)

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

LTI = Waktu hilang total per siklus (bagian terbawah kolom 4)

PR_i = Rasio fase $FR_{crit} / \sum (FR_{crit})$ dari kolom 20

c) Waktu siklus yang disesuaikan

Hitung waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasarkan pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI) dan masukkan hasilnya pada bagian terbawah kolom 11 dalam kotak dengan tanda waktu siklus yang disesuaikan.

$$c = \sum g + LTI \dots\dots\dots (33)$$

Langkah D: Kapasitas

Langkah D meliputi penentuan kapasitas masing-masing pendekat, dan pembahasan mengenai perubahan-perubahan yang harus dilakukan jika kapasitas tidak mencukupi.

Perhitungan-perhitungan dimasukkan ke dalam Formulir SIG-IV.

LANGKAH D-1: KAPASITAS

- Hitung kapasitas masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada kolom 22:

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots (34)$$

dimana nilai-nilai S didapat dari kolom 17, g dan c dari kolom 11 (bagian terbawah)

- Hitung derajat kejenuhan masing-masing pendekat, dan masukkan hasilnya kedalam kolom 23:

$$DS = Q/C \dots\dots\dots (35)$$

dimana nilai-nilai Q dan C didapat dari kolom 18 dan 22

Jika penentuan waktu sinyal sudah dikerjakan secara benar, derajat kejenuhan akan hampir sama dalam semua pendekat-pendekat kritis.

LANGKAH D-2: KEPERLUAN UNTUK PERUBAHAN

Jika waktu siklus yang dihitung pada langkah C-6 lebih besar dari batas atas yang disarankan pada bagian yang sama, derajat kejenuhan (DS) umumnya juga lebih tinggi dari 0,85. Ini berarti bahwa simpang tersebut mendekati lewat-jenuh, yang akan menyebabkan antrian panjang pada kondisi lalu-lintas puncak. Kemungkinan untuk menambah kapasitas simpang melalui salah satu dari tindakan berikut, oleh karenanya harus dipertimbangkan.

a) Penambahan lebar pendekat

Jika kemungkinan untuk menambah lebar pendekat, pengaruh terbaik dari tindakan seperti ini akan diperoleh jika pelebaran dilakukan pada pendekat-pendekat dengan nilai FR kritis tertinggi (kolom 19)

b) Perubahan fase sinyal

Jika pendekat dengan arus berangkat terlawan (tipe O) dan rasio belok kanan (p_{RT}) tinggi menunjukkan nilai FR kritis yang tinggi ($FR > 0,3$), suatu rencana fase alternatif dengan fase terpisah untuk lalu-lintas belok-kanan mungkin akan sesuai. Penerapan fase terpisah untuk lalu-lintas belok kanan mungkin harus disertai dengan tindakan pelebaran juga.

Jika simpang dioperasikan dalam empat fase dengan arus berangkat terpisah dari masing-masing pendekat, karena rencana fase yang hanya dengan dua fase mungkin memberikan kapasitas lebih tinggi, asalkan gerakan-gerakan belok-kanan tidak terlalu tinggi (< 200 smp/jam)

c) Pelanggaran gerakan (- gerakan) belok kanan.

Pelanggaran bagi satu atau lebih gerakan belok-kanan biasanya menaikkan kapasitas, terutama jika hal itu menyebabkan pengurangan jumlah fase yang diperlukan. Walaupun demikian perancangan manajemen lalu-lintas yang tepat, perlu untuk memastikan agar perjalanan oleh gerakan belok kanan yang akan dilarang tersebut dapat diselesaikan tanpa jalan pengalih yang terlalu panjang dan mengganggu simpang yang berdekatan.

Langkah E: Perilaku Lalu-Lintas

Langkah E meliputi penentuan perilaku lalu-lintas pada simpang bersinyal berupa panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan. Perhitungan-perhitungan dikerjakan dengan menggunakan Formulir SIG-G.

LANGKAH E-1: PERSIAPAN

- Isikan informasi-informasi yang diperlukan ke dalam judul dari Formulir SIG-V.
- Masukkan kode pendekatan pada kolom 1 (sama seperti kolom 1 pada Formulir SIG-IV). Untuk pendekat dengan keberangkatan lebih dari satu fase hanya satu baris untuk gabungan fase yang dimasukkan.
- Masukkan arus lalu-lintas (Q , smp/jam) masing-masing pendekat pada kolom 2 (dari Formulir SIG-IV kolom 18)
- Masukkan kapasitas (C , smp/jam) masing-masing pendekat pada kolom 3 (dari kolom 22 pada Formulir SIG-IV).
- Masukkan derajat kejenuhan (DS) masing-masing pendekat pada kolom 4 (dari Formulir SIG-IV kolom 23)
- Hitung rasio hijau ($GR = g/c$) masing-masing pendekat dari hasil penyesuaian pada Formulir SIG-IV(kolom 1 i terbawah dan kolom 21) dan masukkan hasilnya pada kolom 5.
- Masukkan arus total dari seluruh gerakan LTOR dalam smp/jam yang diperoleh sebagai jumlah dari seluruh gerakan LTOR pada Formulir SIG-II, kolom 13 (terlindung), dan masukkan hasilnya pada kolom 2 pada baris untuk gerakan LTOR pada Formulir SIG-V.

- Masukkan dalam kotak dibawah kolom 2, perbedaan antara arus masuk dan keluar (Q_{adj}) pendekatan yang lebar keluaranya telah menentukan lebar efektif pendekatan.

LANGKAH E-2: PANJANG ANTRIAN

- Gunakan hasil perhitungan derajat kejenuhan (kolom 5) untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Gunakan rumus dan masukkan hasilnya pada kolom 6.

Untuk $DS > 0,5$:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{8 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \dots\dots\dots (36)$$

Untuk $DS \leq 0,5$: $NQ_1 = 0$

Dimana:

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya.

DS = derajat kejenuhan

GR = rasio hijau

C = kapasitas (smp/jam) = arus jumlah dikalikan rasio hijau ($S \times GR$)

- Hitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2), dan masukkan hasilnya pada kolom 7.

$$NQ_2 = c \times \frac{I - GR}{I - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (37)$$

dimana

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)

Catatan: Jika lebar keluar jalur lalu-lintas dan arus lalu-lintas telah digunakan pada penentuan waktu sinyal (langkah C:2 dan C:5), arus yang dicatat pada kolom 2 pada Formulir SIG-V adalah = Q_{keluar} Nilai Q_{masuk} yang digunakan pada persamaan 8.2 diatas harus diperoleh dengan bantuan Formulir SIG-II. Lebih lanjut, agar didapat nilai arus simpang total yang benar, penyesuaian terhadap arus tercatat pada kolom 2 untuk seluruh pendekat semacam itu harus dihitung dan jumlah dari penyesuaian ini dimasukkan pada baris yang sesuai pada bagian terowah kolom 2:

$$\text{Penyesuaian arus } Q_{penye} = \sum (Q_{masuk} - Q_{keluar}) \dots\dots\dots$$

(38)

Untuk seluruh pendekat dimana arus lalu-lintas keluaranya telah digunakan dalam analisa waktu.

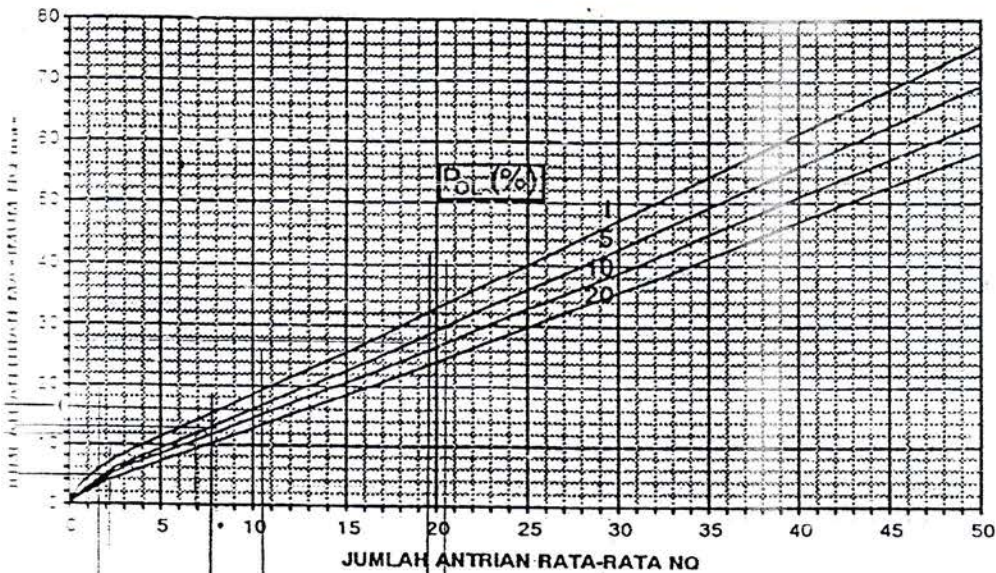
- Dapat jumlah kendaraan antri dan masukkan hasilnya pada kolom 8.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots (38)$$

- Gunakan gambar 3.4 di bawah, untuk menyesuaikan NQ dalam hal peluang yang diinginkan untuk terjadinya pembebanan lebih $p_{OL}(\%)$, dan masukkan hasil nilai NQ_{MAX} pada kolom 9. untuk perancangan dan perencanaan disarankan $p_{OL} \leq 5\%$, untuk operasi suatu nilai $p_{OL} = 5 - 10\%$ mungkin dapat diterima.
- Hitung panjang antrian (QL) dengan mengalihkan NQ_{MAX} dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m^2) kemudian bagilah dengan lebar masuknya, masukkan hasilnya pada kolom 10.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \dots\dots\dots (39)$$

PELUANG UNTUK PEMBEBANAN LEBIH P_{OL}



Gambar 3.4. Perhitungan jumlah antrian (NQ_{MAX}) dalam smp

LANGKAH E-3: KENDARAAN TERHENTI

- Hitung angka henti (NS) masing-masing pendekat yang didefenisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrian)

dengan rumus di bawah NS adalah fungsi dari NQ (kolom 8) dibagi dengan waktu siklus (dari formulir SIG-IV). Masukkan hasilnya pada kolom 11.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots (40)$$

dimana:

c = waktu siklus (det)

Q = arus lalu-lintas (smp/jam)

- Hitung jumlah kendaraan terhenti (N_{SV}) masing-masing pendekat dan masukkan hasilnya pada kolom 12.

$$N_{SV} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (41)$$

- Hitung angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend./jam, dan masukkan hasilnya pada bagian terbawah kolom (12).

$$NR_{TOT} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{TOT}} \dots\dots\dots (42)$$

LANGKAH E-4: TUNDAAN

- 1) Hitung tundaan lalu-lintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbale balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang sebagai berikut (berdasarkan pada Akcelik 1988), dan masukkan hasilnya pada kolom 13:

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{C} \dots\dots\dots (43)$$

- 4) Hitung tundaan rata-rata (det/smp) sebagai jumlah dari kolom 13 dan 14 dan masukkan hasilnya pada kolom 15.
- 5) Hitung tundaan total dalam detik dengan mengalihkan tundaan rata-rata (kolom 15) dengan arus lalu-lintas (kolom 2), dan masukkan hasilnya pada kolom 16.
- 6) Hitung tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (D_1) dengan membagi jumlah nilai tundaan pada kolom 16 dengan arus total (Q_{TOT}) dalam smp/jam yang dicatat dibagian bawah kolom 2 pada Formulir SIG-V:

$$D_{1Q} = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \dots\dots\dots (45)$$

Masukkan nilai tersebut kedalam kotak paling bawah kolom 16.

Tundaan rata-rata dapat digunakan sebagai indicator tingkat pelayanan dari masing-masing pendekat demikian juga dari suatu simpang secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1997) "*Indonesian Highway Capacity Manual*" Republik Indonesia,
 Direktorat Jenderal Bina Marga Jakarta.
- Ashley Ca (1994) "*Traffic And Highway For Devolevment*" 'Blackwell Scientific
 Publications.
- Azwar Saifuddin (2003), *Metode Penelitian*, Edisi Kesatu , Yogyakarta, Pustaka Pelajar.
- Kadiyali, L.R, (1973), "*Traffic Engineering And Transfortation Planning*" Khanna
 Publisher
- Makalah Simposium (1988) Porum Studi Transportasi Perguruan Tinggi, Penerbit
 ITB,Bandung.
- Mannering (2000) Fed L. Walter P.Kilare "*Principles Of Highway Et Traffic Analysis*,
 Jhon ,W.
- Macmillan (1991), "*Underwood RT. Geometric Design Of Roads* ,Australia
- Miller Gt (1985) "*Living Inthe Environment An Intruduction To Environmetal Science 4th*
Ed. Waadsworth Publishing Company Inc, Belmont, California.
- Mannering (2000) Fed L. Walter P.Kilare "*Principles Of Highway Et Traffic Analysis*,Jhon
 W.Sons Inc.
- Mannering Fed L, Walter, Pkilareski (1998) "*Principel of Highway Engineering And*
Traffic Analysis :John Wiley & Sons Inc.
- Moestikahadi S(2000) "Pencemaran Udara Penerbit,ITB , Bandung.
- Peraturan Pemerintah UU.No.13 Tahun 1980 Tentang Kelancaran Jalan
- Dan Peraturan Pemerintah UU No. 14 Tahun 1994 Tentang Jalan Dan Parkir , Badan
 Penerbit Negar Penerbit PT. Elex Media Komputerindo Kelompok
 Gramedia, Jakarta
- Prof.Dr.Suharsini Arikunto (2002) "*Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*"
 Penerbit PT. Asdi Mahasatya Jakarta
- Sinulingga, Budi,(1999) *Pembanguna. Kota, Tinjauan Regional Dan Lokal*, Penerbit
 Pustaka Sinar Harapan Jakarta.
- Singgih Santoso, (2005) *Seri Solusi Bisnis Berbasis TI Menggunakan SPSS Untuk Statistik*
Non Parametrik
- Swearoads (1997) "*Manual Kapasitas Jalan Indonesia*" PT. Bilia Karya, Direktorat
 JenderalBina Marga, Jakarta.
- Tamin .OZ. (2000) *Pengaruh Perparkiran Dibadan Jalan Terhadap Kinerja Ruas Jalan ,*
Studi Kasus DKI Jakarta
- Tamin.OZ. (2005) "*Perencanaan Dan Pemodelan Transportasi*" Edisi Ke 2 Penerbit
 ITB Bandung.
- Warpani Suwardjoh, Ir (1985) "*Rekayasa Lalu Lintas*", Penerbit Bhatara Karya Aksara,
 Jakarta
- Wahid Sulaiman, S.Si (2002), *Jalan Pintas Menguasai SPSS 10*, Penerbit Andi Yogyakarta,