

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Penelitian tentang inspeksi keselamatan pada perlintasan sebidang ini sudah banyak diteliti oleh beberapa peneliti diantaranya:

1. Penelitian tentang analisis efektivitas kinerja fly over pada simpang bersinyal gatot subroto Banjarmasin (Adawiyah dan Surya. 2018).
2. Penelitian tentang analisis kinerja simpang bersinyal Dukuhwaluh Purwokerto (Anjarwati, 2014).
3. Penelitian tentang kajian arus jenuh pada simpang bersinyal di kota Malang bagian selatan (Bowoputro, 2015).
4. Penelitian tentang analisis simpang bersinyal dengan metode MKJI 1997 studi kasus simpang stadion Jombang (Cahyono, 2013).
5. Penelitian tentang analisis kinerja simpang bersinyal berlengan empat (studi kasus simpang Surabaya, Banda Aceh), (Ibrahim dkk, 2017).
6. Penelitian tentang analisis kapasitas dan tingkat kinerja simpang bersinyal lampu lalu lintas pada persimpangan jalan pasir putih jalan kaharuddin nasution kota Pekanbaru (Mubarak, 2016).
7. Penelitian tentang model arus jenuh dasar pada simpang bersinyal (studi kasus pada simpang dengan lengan efektif satu dan dua lajur di Banda Aceh) (Muntazar dkk, 2017).
8. Penelitian tentang analisis kinerja simpang bersinyal pada simpang ciruas Serang (Pradana dkk, 2017).
9. Penelitian tentang analisis kinerja simpang bersinyal dan berlengan empat (studi kasus simpang Bpkp, Banda Aceh), (Saleh dkk, 2012).
10. Penelitian tentang analisis kinerja simpang bersinyal diponegoro sudut polres kota Metro (Sriharyani dan Hadijah, 2017).

### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Menurut Adawiyah (2018), simpang Gatot Subroto Banjarmasin merupakan simpang yang strategis karena menghubungkan arus lalu lintas dari dan menuju pusat perekonomian, perkantoran, dan pusat pendidikan. Simpang tersebut rawan terjadinya kemacetan dan kecelakaan karena mempunyai beberapa konflik arus lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi kinerja simpang Gatot Subroto setelah adanya fly over sekarang. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data berupa volume arus lalu lintas, kemudian dari data tersebut dilakukan analisis dengan Program KAJI. Dari hasil analisis didapatkan derajat kejenuhan (DS) terbesar adalah 0,874 dan untuk nilai tundaan rata-rata (DT) sebesar 15,15 detik/smp mengakibatkan panjang antrian sebesar 26 meter dengan waktu siklus 67 detik jadi didapatkan indeks tingkat pelayanan (ITP) termasuk dalam level B.

Menurut Anjarwati (2014), simpang empat Dukuhwaluh merupakan pertemuan dari empat arah yaitu lengan sebelah utara adalah Jl. Sunan Bonang, lengan sebelah Timur adalah Jl. Raya UMP, lengan sebelah Selatan adalah Jl. Raya Raden Patah, lengan sebelah Barat adalah Jl. Senopati. Oleh karena itu diperlukan analisis untuk melihat kemampuan dan kapasitas jalan supaya tidak terjadi kemacetan lalu lintas dan dapat meningkatkan kapasitas simpang yang ditinjau. Dari data analisis diperoleh total arus lalu lintas ( Q ) adalah 709 smp, kapasitas kendaraan 665 smp/jam, derajat kejenuhan sebesar 1,065, panjang antrian adalah 225 m, rasio kendaraan terhenti adalah 0,74 stop/smp, dan tundaan 93 detik/smp. persimpangan tersebut masuk dalam Indeks Tingkat Pelayanan (ITP) F yang mempunyai kondisi arus lalu lintas berada dalam keadaan dipaksakan, kecepatan relatif rendah, arus lalu lintas sering berhenti sehingga sering terjadi antrian kendaraan yang panjang.

Basrin dkk. (2017) melakukan penelitian dengan judul Studi Tingkat Pelayanan Simpang Tujuh Ulee Kareng Dengan Merencanakan Bundaran (*Roundabout*) Menggunakan Pendekatan Metode Simulasi Vissim 6.00-02. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat Simpang Tujuh Ulee Kareng yang awal tidak bersinyal menjadi simpang dengan bundaran. Metode yang digunakan adalah pengumpulan data dengan survei lapangan kemudian disimulasikan ke Vissim 6.00-02. Dari hasil analisis

untuk bundaran rencana MKJI, kapasitas dinamis rata-rata sebesar 6375 kend/jam. Untuk bundaran rencana RTBL, kapasitas dinamis rata-rata sebesar 9563 kend/jam. Pada bundaran rencana MKJI, tundaan rata-rata sebesar 2,00 detik, sedangkan RTBL 1,39 detik. Untuk perhitungan Derajat Kejenuhan (DS) didapat dari pembagian arus bagian jalinan dengan kapasitas. Pada MKJI DS rata-rata sebesar 0,40, sedangkan RTBL sebesar 0,30. Peluang Antrian pada bundaran rencana MKJI yang didapat dari pembacaan grafik MKJI adalah 6%-13,5%, sedangkan RTBL peluang antrian sebesar 3,2%-7,8%. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa perencanaan bundaran pada Simpang Tujuh Ulee Kareng menggunakan bundaran adalah langkah yang tepat karena mampu memberikan tingkat pelayanan jalan A, baik itu bundaran yang direncanakan berdasarkan MKJI maupun bundaran yang direncanakan oleh RTBL.

Menurut Bowoputro dkk (2015), Salah satu masalah transportasi di kota Malang terjadi pada simpang bersinyal. Permasalahan tersebut ditunjukkan dalam hasil penelitian derajat kejenuhan (DS) pada simpang bersinyal di kota Malang yang sebagian besar melampaui nilai 1 bahkan mencapai 2, yang mana nilai derajat kejenuhan yang ditetapkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI,1997) yaitu 0,75. Di dalam MKJI 1997 nilai arus jenuh dasar per meter ( $S_0/m$ ) pada suatu pendekat ditetapkan sebesar 600 smp/m. Penelitian ini mengkaji nilai arus jenuh yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di kota Malang bagian selatan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode time slice dengan interval 6 detik. Hasil penelitian menunjukkan lebih dari 32,3% kaki simpang pada wilayah penelitian memiliki nilai  $S_0/m$  yang telah melewati standar yang ditetapkan MKJI 1997. Dari hasil tersebut dihasilkan dua buah usulan, usulan pertama menghasilkan persamaan  $S_0/m = 1159,407 - (83,523 \times \text{lebar pendekat efektif}) + (246,169 \times \text{bahu jalan}) - (9,938 \times \text{lebar keluar})$ . Sedangkan usulan kedua dengan menentukan faktor penyesuaian hambatan samping ideal (FSF ideal). Nilai FSF ideal dikelompokkan menjadi beberapa kategori, yaitu: tingkat rendah dengan nilai 0,728 ; tingkat sedang dengan nilai 1,017, tingkat tinggi dengan nilai 1,520, tingkat sangat tinggi dengan nilai 2,551.

Menurut Cahyono (2013), simpang Stadion Jombang merupakan simpang bersinyal yang terletak di jalan utama Kota Jombang, karena itu volume lalu lintas yang

melewatinya cukup tinggi khususnya pada jam puncak. Oleh karena itu, perlu diadakan penelitian guna mengetahui tingkat kinerja simpang dan perilaku lalu lintasnya. Dalam penelitian ini untuk keperluan analisis simpang bersinyal penulis menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997. Dari analisis yang telah dilakukan, diketahui kinerja simpang Stadion Jombang pada kondisi saat ini dengan 2 fase sinyal masih relatif stabil ( $DS < 0,75$ ), kapasitas masing-masing lengan yaitu lengan timur 1214,05 smp/jam, lengan barat 1254,37 smp/jam, lengan utara 338,47 smp/jam dan lengan selatan 488,12 smp/jam. Sedangkan perilaku lalu lintas pada simpang Stadion Jombang yang diindikasikan dengan nilai panjang antrian pada masing-masing lengan yaitu lengan timur 33,33 m, lengan barat 45 m, lengan utara 13,33 m dan lengan selatan sebesar 40 m. Serta nilai tundaan rata-rata yaitu 11,95 detik/smp.

Iqbal dkk. (2017) melakukan penelitian dengan judul Kinerja dan Tingkat Pelayanan Pada Simpang Remi Kota Langsa. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kinerja dan *Level of service* simpang bersinyal pada kondisi saat ini. Metode yang digunakan adalah survei lalu lintas kemudian di analisis dengan MKJI dan Vissim. Hasil penelitian ini adalah volume jam puncak tertinggi terdapat pada Jalan Sudirman Utara yaitu 424 smp/jam. Kinerja dan tingkat pelayanan pada simpang bersinyal adalah dengan metode MKJI 32 det/smp sedangkan dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM 33 det/smp dengan LOS yang dihasilkan untuk kedua metode adalah D.

Penelitian lain dilakukan oleh Irawan dan Putri (2015) tentang Mikrosimulasi Mixed Traffic pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak *Vissim*. Lokasi penelitian di simpang Tugu Yogyakarta.. Metode yang digunakan *trial and error* dengan mengubah 7 parameter perilaku pengemudi berdasarkan teori Wiedemann 74 untuk wilayah kota. Selain itu dilakukan survei *traffic counting* dan diuji dengan metode *Geoffrey E. Havers*. Setelah dilakukan optimalisasi menggunakan MKJI dan dimodelkan dengan *Vissim*, dihasilkan panjang antrian dapat berkurang mencapai 39%/jam.

Menurut Ibrahim (2017), simpang Surabaya merupakan salah satu simpang yang memiliki volume lalu lintas tinggi. Permasalahan yang terjadi di Simpang Surabaya adalah kepadatan arus lalu lintas pada jam-jam sibuk. Penelitian ini bertujuan

untuk menganalisa kinerja simpang berlengan empat yang diatur dengan sinyal lalu lintas. Dalam penelitian ini untuk keperluan analisis kinerja simpang bersinyal penulis menggunakan kamera video dan selanjutnya diolah dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Hasil perhitungan jam puncak dengan arus tertinggi diperoleh arus lalu lintas pada pendekat Utara, Selatan, Timur, dan Barat masing-masing sebesar 1135 smp/jam, 2218 smp/jam, 863 smp/jam dan 1517 smp/jam. Nilai kapasitas kondisi eksisting pada pendekat Utara, Selatan, Timur, dan Barat masing-masing sebesar 1436 smp/jam, 2806 smp/jam, 1092 smp/jam dan 1920 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan setiap lengan adalah 0,79 dan tundaan rata-rata sebesar 44,92 det/smp.

Menurut Saleh (2012), Simpang BPKP terletak di Kota Banda Aceh, sebelumnya merupakan simpang berlengan tiga antara jalan T. P. Nyak Makam dengan jalan T. Iskandar. Setelah dibangunnya Jembatan Santan yang merupakan terusan jalan T. P. Nyak Makam menuju jalan Nasional B. Aceh – Medan di Desa Meunasah Manyang Aceh Besar, maka Simpang BPKP menjadi simpang berlengan empat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja simpang berlengan empat yang diatur dengan sinyal lalu lintas. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan kamera video yang kemudian diolah menggunakan metode MKJI 1997. Hasil perhitungan jam puncak dengan arus tertinggi diperoleh pada lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat masing-masing sebesar 810 smp/jam, 571 smp/jam, 797 smp/jam dan 870 smp/jam. Nilai kapasitas kondisi eksisting pada lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat masing-masing sebesar 596 smp/jam, 766 smp/jam, 770 smp/jam dan 557 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan rata-rata pada kondisi eksisting sebesar 1,18. Nilai tundaan rata-rata sebesar 402,6 det/smp. Waktu siklus eksisting yang disesuaikan sebesar 89 detik. Setelah dilakukan analisis dengan perubahan geometrik, kinerja simpang menjadi lebih baik ditandai dengan nilai kapasitas pada lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat masing-masing sebesar 1093 smp/jam, 771 smp/jam, 1076 smp/jam dan 1174 smp/jam. Nilai derajat kejenuhan pada lengan Utara, Selatan, Timur dan Barat masing-masing sebesar 0,74. Nilai tundaan rata-rata sebesar 24,4 det/smp. Apabila diprediksi pertumbuhan kendaraan pertahun 17,5 %, maka untuk 5 tahun

mendatang diprediksi simpang dengan perubahan geometrik memiliki nilai DS sebesar 1,66 untuk setiap lengan-lengan simpang.

Menurut Mubarak (2016), Pekanbaru merupakan kota yang berkembang dengan pesat. Oleh karenanya, pengembangan sarana dan prasarana transportasi perlu dilaksanakan secara sistematis dan berkelanjutan sesuai dengan pola pergerakan barang atau orang yang dapat mendukung dinamika pembangunan daerah. Pergerakan arus lalu lintas diusahakan efisien mungkin dengan mengurangi kepadatan suatu arus jalan dengan cara pendistribusian kendaraan ke daerah yang tidak mengalami kepadatan ataupun dengan pemasangan lampu lalu lintas pada persimpangan yang rentan terjadi konflik penyebab kemacetan. Hasil yang didapatkan nilai  $Q/C = 0,75$  yang berarti bahwa Simpang Outet Jalan KH, kota Pekanbaru mampu bertahan hingga tahun ke-2 (2008) dengan nilai  $DS=0,83$ , kapasitas jalan sudah tidak dapat menampung volume arus lalu lintas pada tahun ke-3 (2009) dengan nilai  $DS=0,87$ .

Menurut Muntazar dkk (2017), Simpang memiliki peranan penting dalam menyalurkan pergerakan lalu lintas dari berbagai pertemuan arus pergerakan di persimpangan. Fungsi utama simpang adalah mengurangi potensi konflik (safety) dan mengurangi konsentrasi arus (breakdown). Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi pengaruh variabel eksogen seperti layout geometrik simpang dan komposisi aliran lalu lintas terhadap arus jenuh dasar pada simpang bersinyal terisolasi. Metode yang digunakan adalah video data yang direkam di Banda Aceh, dari hasil empiris diperoleh  $S_o=421W$  untuk model tanpa intercept dan  $S_o=811+292W$  dengan intercept. Dari hasil validasi menunjukkan RMSPE sebesar 0.8-2.6% dan RMSE sekitar 202-337 Smp/jam. Model ini valid untuk simpang dengan lebar efektif lengan simpang bervariasi dari 3-8m.

Menurut Pradana dkk (2017), Simpang Ciruas adalah simpang dengan empat lengan yang dilengkapi dengan sinyal lampu lalu lintas. Simpang yang terletak di Kota Serang, Banten ini menghubungkan antara Jalan Raya Serang – Jakarta, Jalan Raya Ciptayasa Ciruas dan Jalan Raya Ciruas Walantaka. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kinerja simpang pada saat kondisi eksisting, mengetahui faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja simpang serta mencari tahu alternatif solusi

pemecahan masalah yang timbul pada Simpang Ciruas. Acuan yang dipakai dalam menganalisis kinerja simpang adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Berdasarkan hasil penelitian pada Simpang Ciruas diketahui derajat kejenuhan ( $ds > 0,75$  ; jenuh) yaitu pendekat Barat sebesar 0,8 sedangkan untuk pendekat Utara, Selatan dan Timur menghasilkan derajat kejenuhan ( $ds < 0,75$  ; tidak jenuh) masing-masing sebesar 0,4, 0,66, 0,41. Kapasitas yang dihasilkan pada simpang Ciruas sebesar 379, 403, 1062, 1371 smp/jam masing-masing untuk pendekat Utara, Selatan, Barat dan Timur. Panjang antrian tertinggi dihasilkan pada pendekat Barat sebesar 126,5 m. Besar nilai angka henti seluruh simpang adalah 0,89 stop/smp. Tundaan rata-rata simpang yang didapat adalah 46,5 det/smp dan masuk tingkat pelayanan simpang (LOS) dengan tingkat E ( $> 40-60$  det/jam).

Saputro dkk. (2018) melakukan penelitian dengan tujuan dapat memodelkan secara akurat dan menganalisa kinerja simpang Kariangau serta alternatif yang dapat diberikan untuk meningkatkan kinerja simpang. Metodenya yang digunakan sama dengan penelitian-penelitian serupa yang menggunakan Vissim. Analisa berdasarkan panduan MKJI 1997, maka didapatkan hasil kajian terkait simpang Kariangau berupa nilai arus lintas rata-rata (Q) sebesar 5.096 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) sebesar 2,279, tundaan simpang sebesar 1,062 det/smp dan peluang antrian sebesar 252-649%. Dengan penerapan simpang bersinyal di persimpangan Kariangau, nilai Q dapat ditekan menjadi 1.248 smp/jam dan derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,756 atau turun hingga 67% .

Menurut Sriharyani (2017), Arus lalu lintas yang melewati simpang bersinyal sudut Polres Kota Metro tergolong tinggi, baik kendaraan roda dua, kendaraan ringan, kendaraan berat dan kendaraan tidak bermotor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja simpang bersinyal sudut Polres Kota Metro mencakup kapasitas, panjang antrian, kendaraan terhenti dan tundaan dengan menggunakan pendekatan MKJI 1997 serta memberikan alternatif solusi masukan atas pemecahan permasalahan pada simpang tersebut. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengumpulan data primer dan data sekunder, survei geometrik simpang, survei rambu dan marka jalan, survei volume lalu lintas, survei fase sinyal, waktu siklus dan waktu

hijau. Dari hasil analisis yang telah dilakukan diketahui tundaan rata-rata simpang sebesar 45,52 det/smp. Dari nilai tundaan tersebut maka tingkat pelayanan simpang termasuk dalam kategori E, alternatif solusinya adalah dengan merubah waktu hijau (green time) untuk keempat pendekat, yakni menjadi 21, 26, 17 dan 20 detik untuk pendekat utara, selatan, timur dan barat.

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Pengertian Transportasi**

Transportasi yaitu untuk menggerakkan dan memindahkan orang atau suatu barang dari suatu tempat ketempat lain dengan menggunakan system tertentu untuk tujuan tertentu (Morlok, 1984).

Transportasi manusia atau barang biasanya bukanlah merupakan tujuan akhir, oleh karena itu permintaan akan jasa transportasi dapat disebut sebagai permintaan turunan (*derived demand*) yang timbul akibat adanya permintaan akan komoditi atau jasa lainnya. Permintaan jasa transportasi tidak berdiri sendiri, melainkan tersembunyi dibalik kepentingan yang lain. (Molok, 1984)

Dalam system transportasi, agar terjadi keseimbangan antara moda transportasi dengan jumlah barang atau orang yang diangkut sehingga tidak memicu rendahnya keamanan dan kenyamanan maka kapasitas moda angkutan haruslah lebih besar haruslah lebih besar dari orang atau barang.

Menurut Morlok (1991), adapun komponen utama dalam transportasi yaitu sebagai berikut:

1. Manusia dan barang (yang diangkut)
2. Kendaraan (alat angkut)
3. Jalan (Tempat pergerakan)
4. Terminal (simpul sistem transportasi)
5. Sistem pengoperasian (mengatur 4 komponen lainnya)

### **2.2.2. Simpang (*Intersection*)**

Simpang merupakan simpul dalam jaringan transportasi dua atau lebih ruas jalan bertemu, maka ditempat ini akan adanya terjadi konflik. Untuk mengatasi konflik

tersebut maka ditetapkan aturan lalu lintas guna memilih siapa yang memiliki hak terlebih dahulu untuk memakai atau menggunakan persimpangan.

Persimpangan merupakan faktor yang sangat penting untuk memilih atau menentukan kapasitas dan waktu perjalanan pada suatu jaringan jalan, terutama pada daerah perkotaan. Maka dari itu perbaikan persimpangan sangat akan berguna dan berpengaruh sehingga mengurangi hambatan dan kapasitas akan meningkat guna mencegah atau mengurangi terjadinya kecelakaan.

Secara umum simpang memiliki 3 (tiga) jenis, yaitu:

1. Simpang susun (*interchange*)
2. Pembagian jalur jalan tanpa *tramp*
3. Simpang sebidang

Simpang sebidang (*intersection at grade*) merupakan persimpangan dimana ruas jalan saling bertemu pada satu bidang akan tetapi salah satu ruas berada dibawah atau diatas ruas jalan yang lain.

Adapun faktor yang mempengaruhi perencanaan persimpangan jalan yaitu:

1. Faktor lalu lintas
2. Faktor geometri
3. Faktor manusia

Menurut Morlok (1988), jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

1. Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak menggunakan sinyal lalu lintas. Pada simpang ini penggunaan jalan harus mekirkan dan mengambil keputusan apakah cukup aman bila melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.
2. Simpang jalan dengan sinyal, yaitu pengguna jalan akan melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas. Sehingga pemakai jalan sehingga pengguna jalan hanya diperbolehkan melewati pada saat sinyal lalu lintas memberikan tanda hijau pada lengan simpang

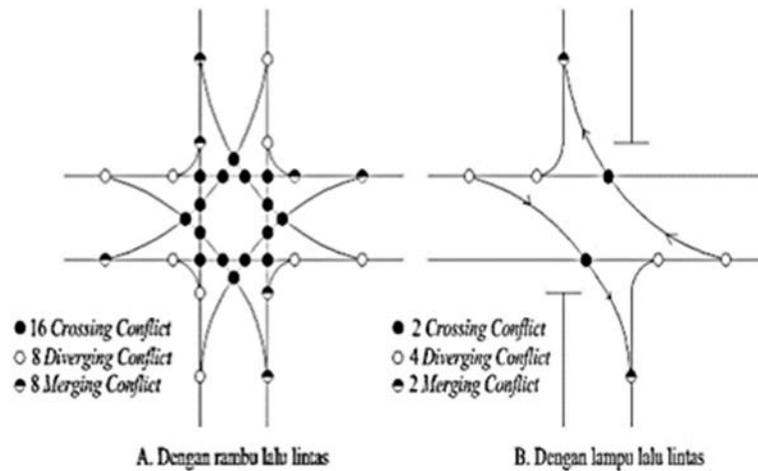
### 2.2.3. Konflik Lalu Lintas Simpang Dan Tipe Pertemuan Pergerakan

Berdasarkan Marga (1997) pada area simpang, lintasan kendaraan akan terpotong pada suatu titik konflik yang dapat menghambat kelancaran suatu pergerakan arus lalulintas sehingga menyebabkan resiko kecelakaan (bersentuhan/tabrakan) pada suatu simpang.

Adapun jumlah potensial titik konflik pada simpang yaitu antara lain:

- a. Jumlah pengaturan simpang
- b. Jumlah arah pergerakan
- c. Jumlah lajur dari setiap lengan simpang
- d. Jumlah lengan simpang

Adapun perbandingan antara keseluruhan konflik yang terjadi disuatu simpang tanpa lampu lalulintas dan dengan lampu lalulintas yaitu:



Gambar 2.1 Konflik Lalu Lintas Pada Simpang 4 Lengan (Marga, 1997)

Pada pergerakan arus lalulintas simpang bersinyal yang melewati simpang dilakukan secara bergiliran agar dapat berkurang titik titik konflik antara lalulintas.

Pada dasarnya ada empat jenis pertemuan gerakan lalulintas yaitu antara lain:

1. Gerakan menyatu (*merging/converging*)
2. Gerakan jalinan/anyaman (*Weaving*)
3. Gerakan memisah (*Diverging*)
4. Gerakan memotong (*Crossing*)

Pergerakan yang dihindari pada saat perencanaan yaitu pergerakan multiplek sebab gerakan seperti ini berpotensi membingungkan pengemudi sehingga kecelakaan akan meningkat dan juga kapasitas akan berkurang.

#### **2.2.4. Simbang Bersinyal (*signalized intersection*)**

Simbang yang memiliki sinyal lalu lintas merupakan cara yang sangat efektif, yang paling diperhatikan yaitu bentuk volume suatu lalu lintas pada kaki simbang yang relative tinggi. Pengaturan ini dapat menghilangkan atau mengurangi konflik pada suatu titik simbang dengan pada waktu yang berbeda beda pergerakan lalu lintas akan dipisahkan.

Berkaitan dengan permasalahan simbang bersinyal ada beberapa yang perlu diketahui dalam definisi umumnya yaitu:

##### 1. Tundaan

Tundaan (*Delay*) merupakan waktu perjalanan dari suatu perjalanan dari suatu titik ketitik lain yang diman dalam kondisi arus bebas dan arus terhambat, Tundaan pada simbang dapat terjadi karena dua sebab yaitu:

##### a. Tundaan Lalu lintas (DT)

Diakibatkan interaksi lalu lintas dengan gerakan yang lain dalam simbang.

##### b. Tundaan Geometri (DG)

Perlambatan dan percepatan kendaraan yang terganggu dan tak terganggu.

##### 2. Panjang Antrian

Panjang antrian (*queue length*) adalah jumlah kendaraan yang antri dalam suatu lengan atau pendekat.

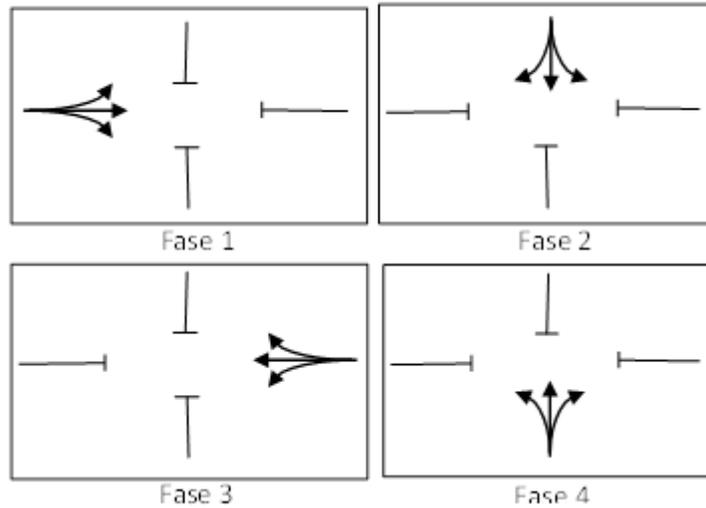
##### 3. Antrian

Antrian (*queue*) adalah kuantitas kendaraan yang berderet antri pada satu pendekat.

##### 4. Fase

Fase adalah anggota dari peredaran sinyal bersama lampu hijau dipersiapkan untuk gabungan tertentu pada gerakan lalu lintas.

Contoh 4 fase perempatan:



Gambar 2.2 Simpang Empat dengan 4 fase (Marga, 1997)

5. Waktu Siklus

Waktu siklus adalah durasi untuk rentetan lengkap dari tanda sinyal (detik)

6. Waktu Hijau

Waktu hijau (*green time*) adalah durasi hidupnya lampu hijau dalam suatu pendekat (detik)

7. Rasio Hijau

Rasio hijau (*green ratio*) adalah kesetaraan lampu hijau dengan waktu siklus pada satu pendekat

8. Waktu Merah

Waktu merah semua (*all red*) adalah durasi sinyal merah menyala serentak keseluruhan pendekat dilayani oleh dua fase sinyal yang berangkaian (detik)

9. Waktu Antar Hijau

Waktu antar hijau adalah jumlah periode waktu kuning serta waktu merah keseluruhan antara dua fase sinyal berturutan (detik)

10. Waktu Hilang

Waktu hilang adalah jumlah keseluruhan periode antar hijau atas siklus yang komplet (dalam seluruh fase berurutan waktu siklus dan jumlah waktu hijau tidak sama)

11. Arus jenuh

Arus jenuh adalah banyak yang bepergian antrian pada satu pendekat ketika keadaan yang telah ditetapkan (smp/jam hijau)

12. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan adalah suatu rasio dari arus lalulintas pada kapasitas untuk suatu pendekat.

13. *Oversaturated*

*Oversaturated* adalah suatu keadaan saat volume kendaraan yang melintasi suatu pendekat melampaui kapasitas.

### **2.2.5. Tingkat pelayanan**

Tingkat pelayanan simpang berdasarkan PM 96 tahun 2015, tentang tingkat pelayanan menjelaskan bahwa pada persimpangan di klasifikasikan sebagai berikut:

- a. Tingkat pelayanan A, dengan kondisi tundaan kurang dari 5 detik perkendaraan
- b. Tingkat pelayanan B, dengan kondisi tundaan lebih dari 5 detik sampai 15 detik perkendaraan
- c. Tingkat pelayanan C, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 15 detik sampai 40 detik perkendaraan
- d. Tingkat pelayanan D, dengan kondisi tundaan lebih dari 25 detik sampai 40 detik perkendaraan
- e. Tingkat pelayanan E, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 40 detik sampai 60 detik perkendaraan
- f. Tingkat pelayanan F, dengan kondisi tundaan antara lebih dari 60 detik perkendaraan

### **2.2.6. Kapasitas**

Ketentuan dasar pada sistem transportasi yaitu suatu kemampuan untuk melengkapi volume yang dibutuhkan. kapasitas suatu lalulintas diukur dengan jumlah

dari beban atau jumlah penumpang yang dapat dialihkan per jam atau per hari. Kapasitas lalulintas yaitu peranan dari daya angkut kendaraan, jumlah dan kecepatan suatu kendaraan yang dapat berada di jalan raya suatu waktu.

Kapasitas sebagai jumlah banyaknya suatu kendaraan maksimum yang dapat dilewati dari suatu jalur ataupun jalan raya atas satu atau kedua arah sewaktu periode yang diberikan dibawah keadaan lalulintas serta jalan yang berlalu.

Arus jenuh bisa dikatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar bersama faktor pembiasaan untuk kesalahan dari keadaan yang sesungguhnya, dari suatu kumpulan keadaan-keadaan (*ideal*) yang sudah di tetapkan sebelumnya (MKJI, 1997).

### 2.2.7. Penentuan Arus Lalu Lintas

Perhitungan arus suatu lalulintas dilakukan setiap per satuan jam pada satu atau lebih periode. Disesuaikan dengan keadaan lalulintas yang ada yaitu berdasar pada arus lalulintas rancangan pada jam-jam puncak antara lain pagi, siang, serta sore.

$$Q = \{(Q_{LV} \times emp_{LV}) + (Q_{LV} \times emp_{HV}) + (Q_{LV} \times emp_{MC})\} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- Q = Arus kendaraan total  
 $Q_{LV}, Q_{HV}, Q_{MC}$  = Arus kendaraan untuk tiap - tiap jenis kendaraan  
 $emp_{LV}, HV, MC$  = Nilai emp untuk tiap-tiap kendaraan

Tabel 2.1 Klasifikasi Kendaraan (Marga, 1997)

No	Klasifikasi	Jenis Kendaraan
----	-------------	-----------------

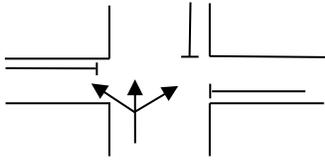
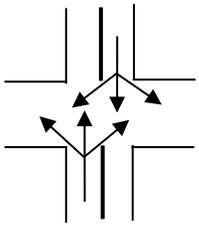
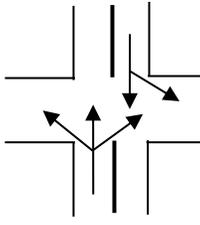
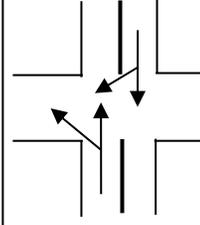
1	<i>Light Vehicle (LV)</i>	Sedan, jeep, oplet, microbus, pick up
2	<i>Heavy Vehicle (HV)</i>	Bus standar, bus besar, truk sedang, truk berat
3	<i>Motor Cycle (MC)</i>	Sepeda motor dan sejenisnya
4	<i>Unmotorised Vehicle (UM)</i>	Becak, sepeda, andong, dan sejenisnya

### 2.2.8. Penentuan Tipe Pendekat (*Approach*)

Penentuan tipe pendekat atau *approach* yaitu pendekatan dengan tipe terlindung (P) atau terlawan (O) yang didasarkan pada suatu Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) yang bisa dilihat pada pada Tabel 2.2.

Table 2.2 Penentuan Tipe Pendekat (*Approach*) (Marga, 1997)

Tipe <i>Approach</i>	Keterangan	Contoh Konfigurasi <i>Approach</i>		
		1 – jalur	1 – jalur	T - <i>junction</i>
Terlindung (P)	Tanpa Konflik lalu lintas dari arah berlawanan			
		2 – jalur pembatasan belok kanan		
		2 – jalur dengan pembatasan fase sinyal tiap arah		

				
Berlawanan (O)	Terjadi konflik lalu lintas dari arah berlawanan	2 – jalur lalu lintas berlawanan pada fase yang sama, tidak ada pembatas belok kanan		
				

**2.2.9. Perhitungan lebar efektif**

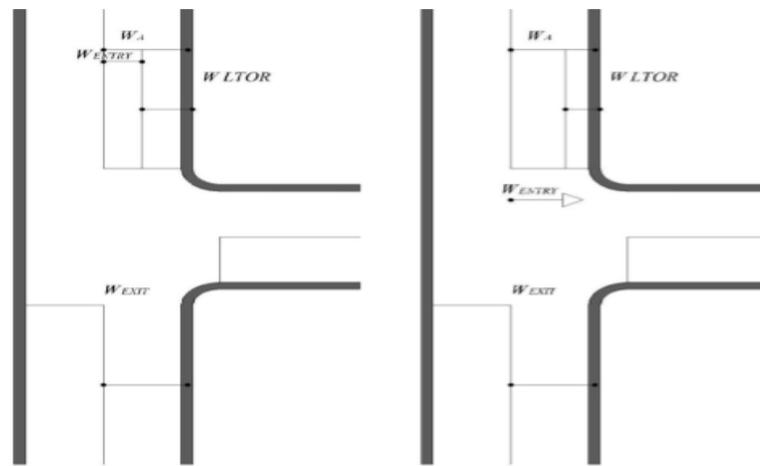
Lebar pendekat untuk tiap lengan dilakukan suatu pengukuran lebih dari 10m di garis henti. Situasi lingkungan suatu jalan antara lain memberi gambaran jenis lingkungan jalan yang telah dibagi dalam tiga jenis, yaitu jenis komersial, pemukiman beserta suatu akses terbatas.

- a. Perhitungan suatu lebar efektif ( $W_e$ ) pada setiap berbagai *Approach* didasarkan pada suatu informasi mengenai lebar exit ( $W_{EXIT}$ ), lebar pendekat ( $W_A$ ), beserta lebar entry ( $W_{ENTRY}$ ).
- b. Untuk suatu tundaan tanpa adanya belok kiri langsung (LTOR)  
 Periksa  $W_{EXIT}$ , jika  $W_{EXIT} < W_e \times (1 - \rho_{RT} - \rho_{LTOR})$ ,  $W_e$  sebaiknya diberikan sebuah angka baru yang sesuai dengan  $W_{EXIT}$  serta analisis suatu penentuan waktu sinyal pada pendekat ini dilakukan untuk lalu lintas yang lurus, dan untuk menghitungnya dipakai Persamaan 3.2.

$$Q = Q_{ST} \dots \dots \dots (2. 2)$$

- c. Untuk *approach* belok kiri langsung (LTOR)

Lebar efektif ( $W_e$ ) bisa dihitung untuk pendekat dengan tanpa pulau lalulintas,



yaitu  
seperti  
pada

Gambar 2.3.

Gambar 2.3 Penentuan Lebar Efektif (MKJI, 1997)

1)  $W_{LTOR} \geq 2$  m, dianggap bahwa kendaraan LTOR bisa mendahului antrian. Kendaraan lurus serta belok kanan dalam suatu pendekat pada saat sinyal merah.

- $Q_{LTOR}$  Arus suatu lalulintas belok kiri langsung dikeluarkan dari suatu perhitungan selanjutnya, yaitu  $Q = Q_{ST} + Q_{RT}$

Menentukan lebar suatu pendekat efektif dengan cara :

$$W_e = \text{Min} \begin{cases} W_A - W_{LTOR} \\ W_{ENTRY} \end{cases}$$

- Periksa  $W_{EXIT}$  (*approach* tipe P)

Bila  $W_{EXIT} < W_e \times (1 - \rho_{RT} - \rho_{LTOR})$ ,  $W_e$  lebih baiknya diberikan nilai baru yang sebanding dengan nilai  $W_{EXIT}$  serta analisis penentuan suatu waktu sinyal pada pendekat ini dilakukan hanya bagi lalulintas baru saja, yakni  $Q = Q_{ST}$

2)  $W_{LTOR} < 2$  m, anggapan bahwa suatu kendaraan LTOR tidak bisa mendahului kendaraan lainnya yang dalam keadaan antrian dalam *Approach* selama sinyal merah.

- Dengan memasukan suatu persamaan  $Q_{LTOR}$  dalam perhitungan selanjutnya

$$W_e = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} W_A \\ W_{\text{ENTRY}} + W_{\text{LTOR}} \\ W_A \times (1 + \rho_{\text{LTOR}}) - W_{\text{LTOR}} \end{array} \right.$$

- Periksa  $W_{\text{EXIT}}$  (hanya untuk *approach* tipe P)

Jika  $W_{\text{EXIT}} < W_e \times (1 - \rho_{\text{RT}} - \rho_{\text{LTOR}})$ ,  $W_e$  baiknya diberikan nilai baru yang setara atau sama dengan  $W_{\text{EXIT}}$ , dan analisis penetapan waktu sinyal *approach* ini dilakukan hanya agar lalulintas lurus saja, yakni  $Q = Q_{\text{ST}}$

### 2.2.10. Perhitungan penilaian arus jenuh (S)

Arus jenuh merupakan hasil dari perkalian arus jenuh dasar ( $S_0$ ) (bagi keadaan ideal) bersama faktor penyesuaian (F) (bagi penyimpangan dari keadaan sebenarnya) pada satuan smp/jam hijau. Dalam perhitungan ini bisa menggunakan persamaan dibawah ini:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ smp/jam hijau} \dots\dots\dots(2. 3)$$

dengan :

$S_0$  = arus jenuh dasar

$F_{CS}$  = faktor koreksi ukuran kota

$F_{CS}$  = faktor koreksi gangguan samping

$F_G$  = faktor koreksi kelandaian

$F_P$  = faktor koreksi parkir

$F_{RT}$  = faktor koreksi belok kanan

$F_{LT}$  = faktor koreksi belok kiri

a. Arus jenuh dasar ( $S_0$ )

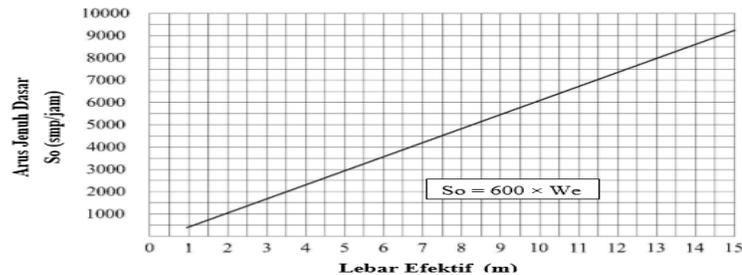
Arus jenuh dasar dibagi menjadi 2 bagian yakni *approach* P (arus terlindung), dan *approach* O (arus terlawan).

1) Untuk tipe *approach* O

Arus jenuh dasar ( $S_0$ ) diperoleh dari grafik yang bias dilihat pada MKJI 1997 gambar C-3:2 (diperuntuk *approach* tanpa ada garis pemisah belok kanan) dan gambar C-3:3 (diperuntuk *approach* dengan adanya garis pemisah belok kanan).  $S_0$  fungsi lebar efektif ( $W_e$ ), lalu lintas belok kanan ( $Q_{RTO}$ ). Menggunakan gambar-gambar tersebut dengan cara mencari nilai arus jenuh dimana lebar *approach* yang lebih besar dan juga lebih kecil dari  $W_e$  sesungguhnya, yang kemudian diinterpolasi.

2) Untuk tipe *approach* P

$S_0 = 600 \times W_e$  (smp/jam hijau), atau  $S_0 = 750 \times W_e$  (smp/jam hijau)



Gambar 2.4 Arus Jenuh Dasar untuk Tipe Pendekat P (Marga, 1997)

b. Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{CS}$ )

Cara menentukannya nilai faktor penyesuaian kota dapat dilihat dalam Tabel 3.3 berikut ini:

Tabel 2.3 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota ( $F_{CS}$ ) (MKJI, 1997)

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

c. Faktor penyesuaian hambatan samping ( $F_{SF}$ )

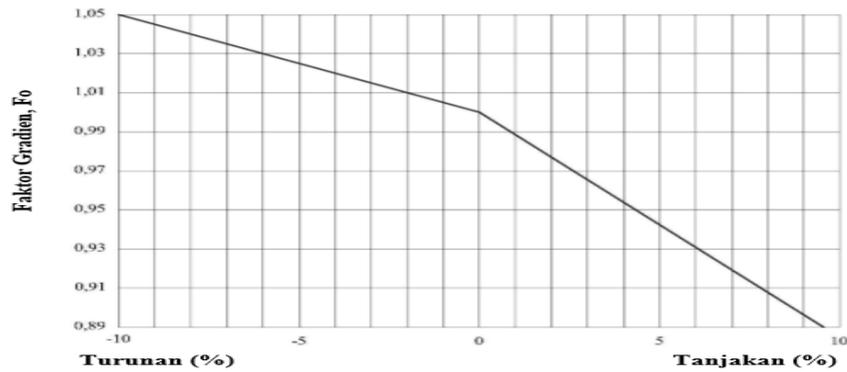
Faktor penyesuaian hambatan samping ( $F_{SF}$ ) ini sebagai fungsi jenis lingkungan jalan, tingkat hambatan samping ( $F_{SF}$ ) dan rasio kendaraan tidak bermotor. Jika hambatan samping jalan ini tidak diketahui, maka dapat diasumsikan dengan nilai yang tinggi agar nantinya tidak menilai kapasitasnya terlalu besar. Faktor ini dapat ditentukan dalam Tabel 3.4.

Tabel 2.4 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping ( $F_{SF}$ ) (MKJI, 1997)

Lingkungan jalan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan (O)	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung (P)	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan (O)	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung (P)	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan (O)	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung (P)	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan (O)	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung (P)	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan (O)	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung (P)	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan (O)	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung (P)	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (RA)	T/S/R	Terlawan (O)	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung (P)	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

d. Faktor penyesuaian kelandaian ( $F_G$ )

Faktor penyesuaian kelandaian sebagai fungsi dari kelandaian jalan yang tercatat. Nilai  $F_G$  dapat ditentukan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Faktor Penyesuaian Kendala (Fc) (Marga, 1997)

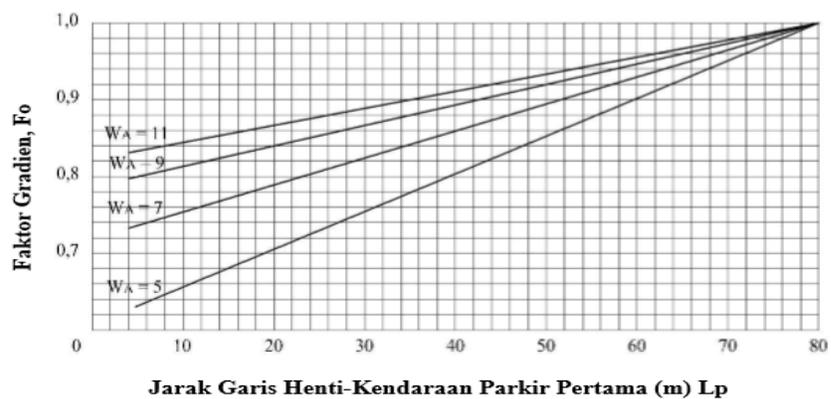
e. Faktor penyesuaian parkir (Fp)

Faktor penyesuaian parkir (Fp) yaitu sebagai fungsi dari jarak dan garis henti ke kendaraan diparkir pertama dan lebar *approach* tersebut ditentukan dari persamaan di bawah ini atau ditentukan nilainya dalam Gambar 3.7.

$$F_p = (L_p / 3 - (W_A - 2) \times (L_p / 3 - g) / W_A) / g \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan :

- L<sub>p</sub> = jarak antar garis henti dan kendaraan yang parkir pertama
- W<sub>A</sub> = lebar *approach* (m)
- g = waktu hijau yang bersangkutan (detik)



Gambar 2.6 Faktor Koreksi Parkir (Fp) (Marga, 1997)

f. Faktor penyesuaian belok kanan ( $F_{RT}$ )

Faktor penyesuaian belok kanan ( $F_{RT}$ ) sebagai fungsi rasio kendaraan yang akan berbelok kanan ( $P_{RT}$ ). Untuk jalan dua lajur tanpa median, kendaraan yang belok kanan terlindung (pendekat tipe P), cenderung melewati garis tengah jalan sebelum henti terlewati ketika berbelok. Hal ini dapat meningkatkan jumlah rasio belok kanan pada arus jenuh.

Belok kiri saat lampu merah (*left turn on red*, LTOR) diijinkan, jika lebar *approach* cukup untuk melintasi antrian kendaraan yang lurus dan juga belok kanan. Setiap *approach* dihitung dengan perbandingan belok kiri ( $P_{LT}$ ) dalam Persamaan 2.5 dan perbandingan kanan ( $P_{RT}$ ) dalam Persamaan 2.6.

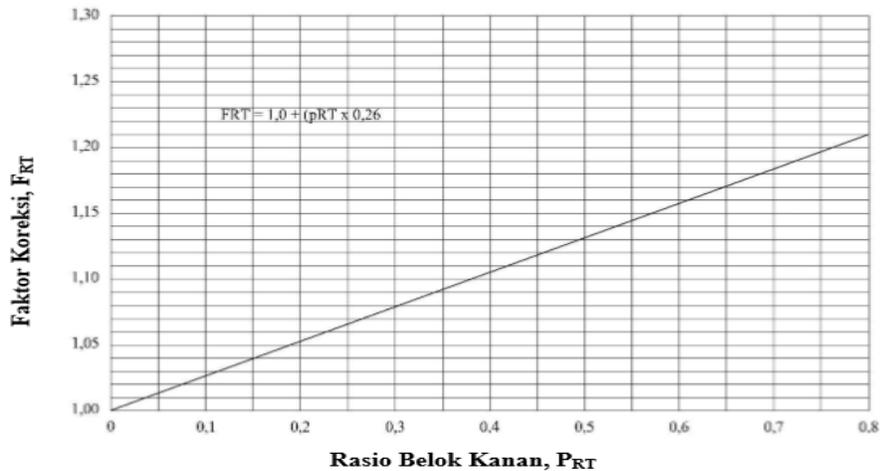
$$\rho_{LT} = \frac{LT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \dots\dots\dots(2. 5)$$

$$\rho_{RT} = \frac{RT \text{ (smp/jam)}}{\text{Total (smp/jam)}} \dots\dots\dots(2. 6)$$

dengan:

LT = arus lalulintas belok kiri

RT = arus lalulintas belok kanan

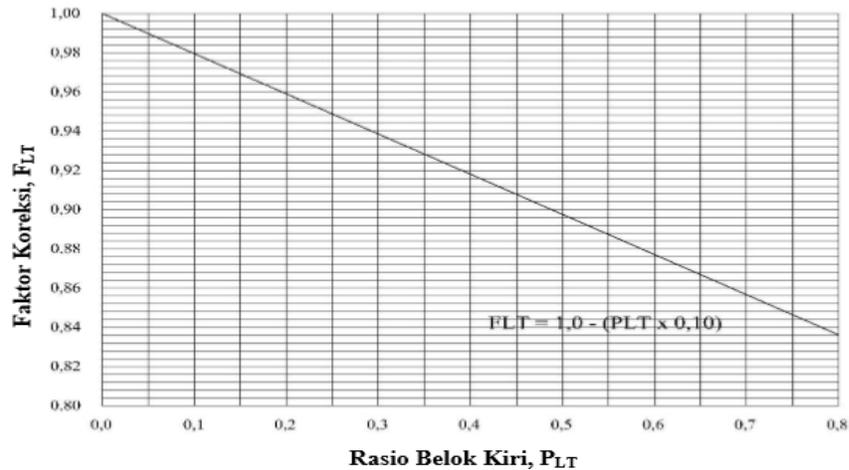


Gambar 2.7 Faktor Koreksi Belok Kanan ( $F_{RT}$ ) (Marga, 1997)

g. Faktor penyesuaian belok kiri ( $F_{LT}$ ),

Faktor penyesuaian belok kiri ( $F_{LT}$ ) ini ditentukan untuk fungsi perbandingan belok kiri ( $P_{LT}$ ). Faktor ini hanya untuk jenis *approach* tanpa

LTOR (Gambar 2.8). Pada jalan tanpa penyedia jalan kiri langsung, kendaraan yang cenderung belok kiri akan melambat dan mengurangi arus jenuh pendekat tersebut.



Gambar 2.8 Faktor Koreksi Belok Kiri (FLT) (Marga, 1997)

#### 2.2.11. Waktu Siklus sebelum penyesuaian ( $C_{ua}$ )

Waktu siklus sebelum penyesuaian ( $C_{ua}$ ) adalah waktu yang digunakan untuk urutan lengkap dari indikasi sinyal. Penentuan waktu sinyal untuk keadaan dengan kendali waktu tetap, dilakukan yang berdasarkan pada metode Webster (1996), untuk meminim jumlah tundaan total pada suatu simpang.

Waktu siklus dapat dihitung dengan Persamaan 2.7 atau dapat dilihat dalam Gambar 2.9. Waktu siklus hasil perhitungan ini merupakan waktu siklus optimum, yang akan menghasilkan tundaan terkecil.

$$C_{ua} = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)} \dots\dots\dots(2.7)$$

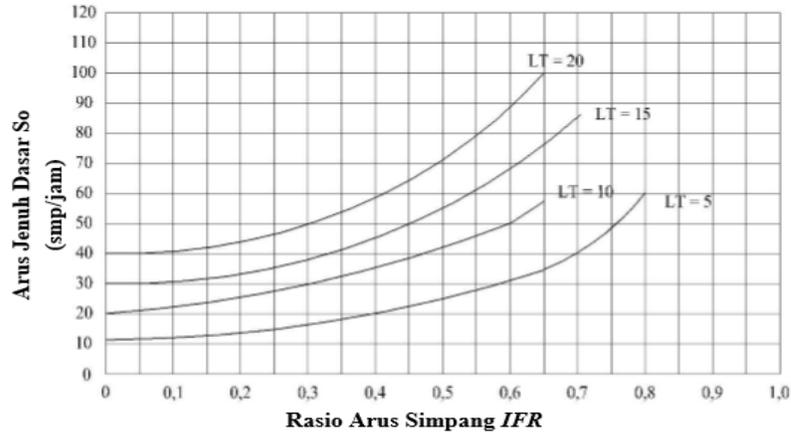
dengan :

$C_{ua}$  = waktu siklus sinyal (detik)

LTI = total waktu hilang persiklus (detik)

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

Jika alternatif sinyal yang direncanakan dievaluasi, menghasilkan nilai yang rendah untuk ( $IFR = LT/c$ ), maka hasil ini akan lebih efisien.



Gambar 2.9 Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian ( $C_{ua}$ ) (Marga, 1997)

Waktu siklus ini diharapkan bisa sesuai dengan batas yang disarankan MKJI, 1997. Sebagai pertimbangan, yang diterangkan dalam Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Waktu Siklus Yang Disarankan (Marga, 1997)

Tipe Kontrol	Waktu siklus yang layak (detik)
<b>2 fase</b>	40 – 80
<b>3 fase</b>	50 – 100
<b>4 fase</b>	80 – 130

Waktu siklus rendah, biasanya terjadi pada simpang dengan lebar yang lebih kecil dari 10 m, sedangkan pada simpang dengan lebar lebih dari 10 m, mempunyai waktu siklus yang lebih. Waktu siklus yang lebih rendah dari Tabel 2.5 akan menyebabkan sulitnya bagi pejalan kaki untuk menyebrang, hal ini menjadi pertimbangan. Sedangkan waktu siklus lebih besar dari ( $> 130$  detik), harus dihindarkan, kecuali untuk kondisi yang sangat khusus. Waktu siklus ini memperoleh kapasitas simpang yang nantinya cukup besar.

### 2.2.12. Waktu Hijau (g)

Perhitungan waktu hijau tiap-tiap fase menggunakan Persamaan 2.8.

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \dots\dots\dots (2. 8)$$

dengan :

$g_i$  = waktu hijau dalam fase – i (detik)

$C_{ua}$  = waktu siklus yang ditentukan (detik)

LTI = total waktu hilang persiklus

$PR_i$  = perbandingan fase  $FR_{CRIT} \div \sum (FR_{CRIT})$

Waktu hijau yang lebih pendek 10 detik harus dihindari, karena dimungkinkan dapat menghasilkan pelanggaran lampu merah, dan menjadi sulit bagi pejalan kaki yang menyebrang jalan.

### 2.2.13. Waktu siklus yang disesuaikan (C)

Waktu (C) harus berdasar pada pembulatan pada waktu hijau yang diperoleh dan juga waktu hilang (LTI).

$$C = \sum g + LTI \dots\dots\dots (2. 9)$$

### 2.2.14. Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah maksimum dari arus kendaraan yang dapat melewati suatu persimpangan jalan (*intersectiaon*). Kapasitasis lengan simpang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.10.

$$C = S \times g/c \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan:

C = kapasitas (smp/jam)

S = arus jenuh (smp/jam)

g = waktu hijau (detik)

c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

### 2.2.15. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan (DS) sebagai rasio dari arus lalulintas terhadap kapasitas, digunakan sebagai faktor utama untuk menentukan tingkat kinerja dari simpang dan segmen jalan. Nilai derajat kejenuhan ini akan menunjukkan apakah segmen jalan mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Dari perhitungan kapasitas sebelumnya dapat dihitung nilai derajat kejenuhan Persamaan 2.11.

$$DS = Q/C \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan :

- DS = derajat jenuh
- Q = arus lalulintas (smp/jam)
- C = kapasitas (smp/jam)

### 2.2.16. Perbandingan Arus dengan Arus Jenuh

Menghitung perbandingan arus (Q) dengan arus jenuh (S) untuk tiap *approach* atau pendekat dapat menggunakan Persamaan 2.12.

$$FR = Q / S \dots\dots\dots (2.12)$$

Perbandingan arus kritis ( $FR_{CRIT}$ ) yaitu nilai dari perbandingan arus tertinggi dalam tiap-tiap fase. Jika nilai perbandingan arus kritis untuk tiap-tiap fase dijumlahkan akan didapat sebuah perbandingan arus simpang.

$$IFR = \sum(FR_{CRIT}) \dots\dots\dots (2.13)$$

Penghitungan perbandingan fase (phase ratio, PR) untuk tiap fase merupakan suatu fungsi perbandingan antara  $FR_{CRIT}$  dan IFR.

$$PR = FR_{CRIT} / FR \dots\dots\dots (2.14)$$

### 2.2.17. Penentuan Perilaku Lalu Lintas

Data hasil dari hitungan sebelumnya kemudian diketahui tingkat dari performansi suatu simpang, yaitu: panjang antrian suatu kendaraan terhenti serta

tundaan. Beberapa persiapan dalam perhitungan ini antara persiapan waktu (jam diganti ke detik) dan dihitung nilai perbandingan waktu hijau.

a. Panjang antrian

Dalam MKJI 1997, antrian yang terjadi disuatu pendekat yaitu jumlah rata-rata pada antrian smp diawal sinyal hijau (NQ) merupakan suatu jumlah antrian yang tersisa dari fase hijau pada sebelumnya (NQ<sub>1</sub>).

Dari nilai derajat jenuh dapat digunakan untuk menghitung jumlah antrian smp (NQ<sub>1</sub>) yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu. Didapat formula dan Gambar 2.10.

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

Untuk  $DS > 0,5$

...(2.15)

Untuk  $DS \leq 0,5$

$$NQ_1 = 0 \quad (2.16)$$

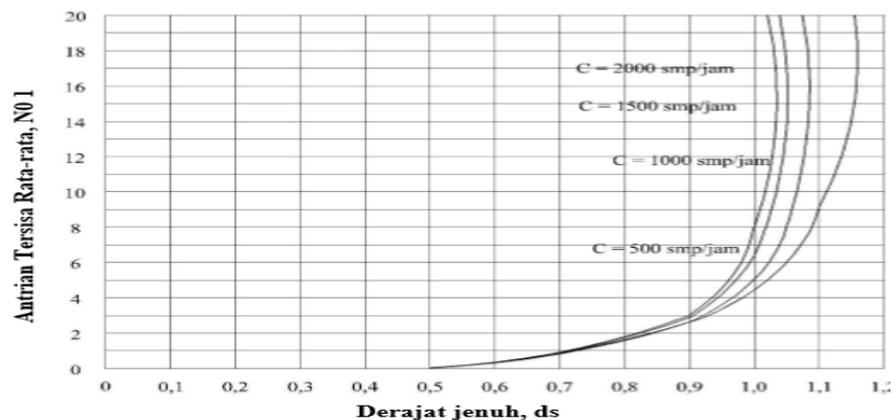
dengan:

NQ<sub>1</sub> = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat jenuh

GR = rasio hijau

C = kapasitas (smp/jam) = S x GR



Gambar 2.10 Jumlah Antrian Kendaraan (NQ<sub>1</sub>) (Marga, 1997)

Kemudian dihitung jumlah antrian smp yang datang selama fase merah ( $NQ_2$ ), dengan formula berikut.

$$NQ_2 = c \times \frac{1-GR}{1-GR \times ds} \times \frac{Q}{3600} \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan:

$NQ_2$  = jumlah smp yang datang selama fase merah

Q = volume lalulintas yang masuk di luar LTOR (smp/detik)

C = waktu siklus (detik)

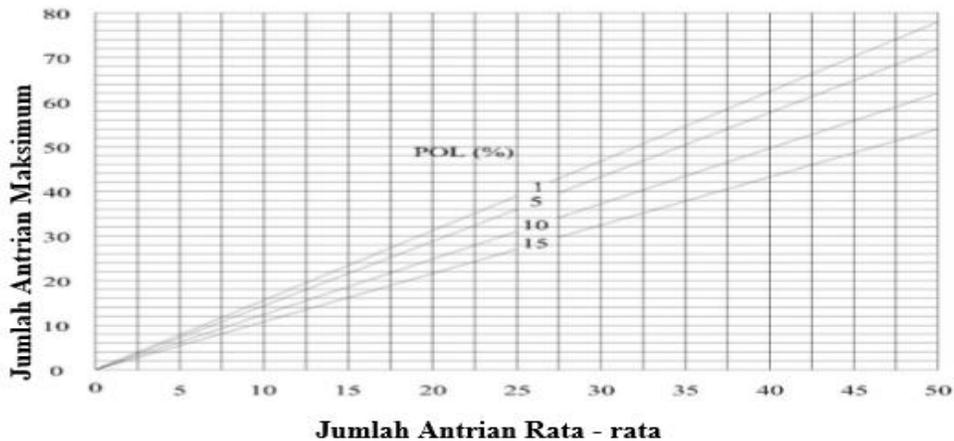
DS = derajat jenuh

GR = rasio hijau (detik)

Untuk menghitung jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua hasil diatas.

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \dots\dots\dots (2.18)$$

Untuk menentukan  $NQ_{MAX}$  dapat dicari dari Gambar 2.11 di bawah ini, dengan menghubungkan nilai NQ dan *probabilitas overloading*  $P_{OL}$  (%). Untuk perencanaan dan desain nilai  $P_{OL} < 5\%$  sedangkan untuk operasional  $P_{OL} 5 - 10\%$



Gambar 2.11 Perhitungan Jumlah Antrian ( $NQ_{max}$ ) (Marga,1997)

Perhitungan panjang antrian (QL) didapat dari perkalian antara  $NQ_{MAX}$  dengan rata-rata area yang ditempati tiap smp ( $20 \text{ m}^2$ ) dan dibagi lebar *entry* ( $W_{ENTRY}$ ) yang dirumuskan dibawah ini.

$$QL = \frac{NQ_{max} \times 20}{W_{entry}} \dots\dots\dots (2. 19)$$

b. Kendaraan terhenti

Angka henti (NS) adalah jumlah rata-rata berhenti per smp, termasuk berhenti berulang dalam antrian. Angka henti pada masing-masing pendekatan dapat dihitung berdasar rumus berikut.

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600 \dots\dots\dots (2. 20)$$

dengan :

c = waktu siklus (detik)

Q = arus lalulintas (smp/jam)

Jumlah kendaraan terhenti ( $N_{sv}$ ) pada masing-masing pendekatan dapat dihitung dengan rumus :

$$N_{sv} = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots (2. 21)$$

Angka henti seluruh simpang didapatkan dengan membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekatan dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$N_{Stot} = \frac{\sum N_{sv}}{Q_{tot}} \dots\dots\dots (2. 22)$$

c. Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa melalui simpang. Perhitungan tundaan berdasarkan MKJI (1997) dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

1) Perhitungan tundaan lalulintas rata-rata setiap pendekat (DT) akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$DT = c \times A + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \dots\dots\dots (2. 23)$$

dengan :

DT = tundaan lalulintas rata-rata (det/smp)

c = waktu siklus yang disesuaikan (det)

NQ<sub>1</sub> = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

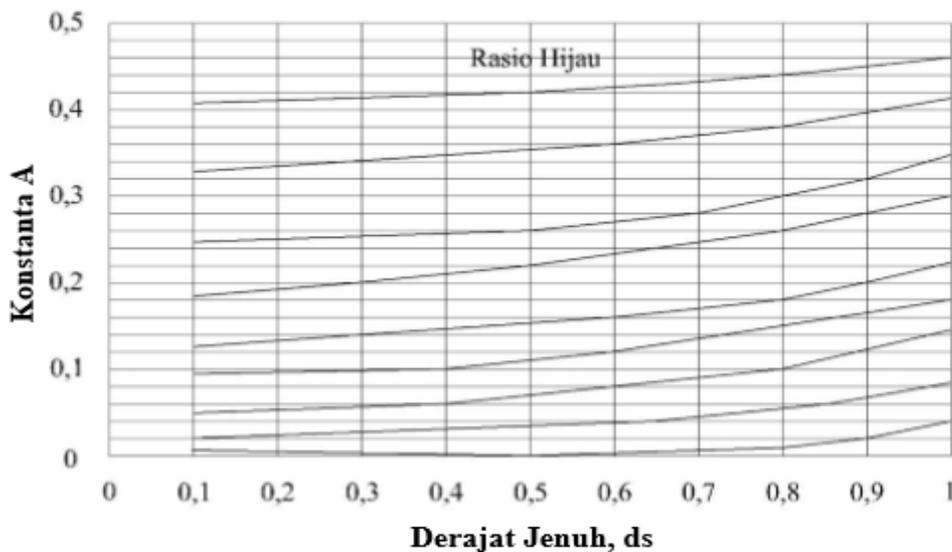
$$C = \text{kapasitas (smp/jam)} \quad A = \frac{0,5 \times (1-GR)^2}{(1-GR \times ds)} \dots\dots\dots (2. 24)$$

dengan :

GR = rasio hijau (g/c)

Ds = derajat jenuh

Nilai A merupakan fungsi dari perbandingan hijau (GR) dan derajat jenuh (DS) yang diperoleh dari Gambar 3.13 yaitu dengan memasukkan nilai ds pada sumbu horizontal dan memilih *green ratio* yang sesuai kemudian tarik garis mendatar maka didapat nilai A pada sumbu vertikal.



Gambar 2.12 Penentuan Nilai A Pada Formula Tundaan (Marga, 1997)

- 2) Tundaan geometri rata-rata masing-masing *approach* (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan atau dihentikan oleh lampu lalu lintas dihitung berdasarkan formula berikut.

$$DG = (1 - p_{sv}) \times p_T \times 6 + (p_{sv} \times 4) \dots\dots\dots(2.25)$$

dengan :

$DG_j$  = tundaan geometri rata-rata untuk *approach* j (detik/smp)

$p_{sv}$  = rasio kendaraan berhenti pada *approach* = min

$p_T$  = rasio kendaraan berbelok pada *approach*

Tundaan geometri rata-rata LTOR diambil sebesar 6 detik.

- 3) Tundaan rata-rata (det/smp) adalah penjumlahan dari tundaan lalu lintas rata-rata dan tundaan geometri rata-rata. ( $D = DT + DG$ )
- 4) Tundaan total (smp.det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalu lintas ( $D \times Q$ )
- 5) Perhitungan tundaan rata-rata untuk seluruh simpang ( $D_1$ ) yaitu dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total dalam detik dengan mengalihkan tundaan rata-rata.

$$D_1 = \frac{\sum(Q \times D_j)}{Q_{tot}} \text{ (det/jam)} \dots\dots\dots(2. 26)$$