

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekanbaru adalah Ibu kota dari Propinsi Riau yang menjadi pusat aktivitas utama yaitu pusat pemerintahan, aktivitas perniagaan dan aktivitas transportasi. Berdasarkan data Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Pekanbaru pada tanggal 30 Juni 2024 kepadatan populasi di kota Pekanbaru mencapai 1.138,530 jiwa, sehingga akan memiliki dampak kepada pengguna transportasi dalam menjalankan roda kehidupan. Penggunaan transportasi darat merupakan bagian yang tidak terlepas dalam menjalankan putaran kehidupan manusia. Sehingga jumlah kendaraan pada waktu sibuk menyebabkan kemacetan di beberapa titik jalan di Pekanbaru.

Persimpangan sebagai tempat bertemunya kendaraan dari beberapa ruas jalan dimana kendaraan saling bergerak antara satu dengan kendaraan yang lainnya, persimpangan merupakan daerah yang potensial terjadi konflik antara beberapa kendaraan. Suatu persimpangan yang tidak teratur dengan baik akan menimbulkan masalah seperti antrian dan tundaan, sehingga penerapan berbagai metode dalam pengaturan persimpangan sangat diperlukan.

Simpang Tabek Gadang Jl. SM. Amin – Jl. Soebrantas merupakan salah satu dari simpang tiga bersinyal di wilayah Pekanbaru. Persimpangan jalan tersebut merupakan salah satu daerah komersial, hal ini bisa dilihat dengan adanya hotel, pertokoan, pusat perbelanjaan, dan jalan untuk masuk pusat kota. Titik pertemuan antara Jl. Amin – Jl. Soebrantas Pekanbaru, saat jam-jam sibuk umumnya pada awal pekan sering kali terjadi kemacetan dikarenakan saat dimana orang berangkat kerja, berangkat sekolah, dan aktivitas rutin lainnya. Dengan demikian jalan tersebut sangat berperan penting dalam melayani arus lalu lintas yang cukup besar. Persimpangan ini memiliki tiga lengan yang masing-masing lengannya mempunyai 2 jalur dan masing-masing jalur mempunyai 2 lajur yang dibatasi dengan median antar jalurnya.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan kajian tentang tingkat kinerja (*Level Of Service*) pada salah satu simpang bersinyal di Kota Pekanbaru yaitu Simpang Tabek Gadang Jl. SM. Amin – Jl. HR. Soebrantas yang meliputi volume lalu lintas, besar kapasitas yang tersedia, derajat kejenuhan yang terjadi, tundaan dan panjang antrian yang terjadi. Perhitungan dan analisa menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kinerja simpang tiga bersinyal di persimpangan Tabek Gadang dari segi volume lalu lintas, kapasitas yang tersedia, derajat kejenuhan yang terjadi, tundaan dan panjang antrian yang terjadi?
2. Bagaimana solusi alternatif terhadap permasalahan kemacetan simpang tiga bersinyal di persimpangan Tabek Gadang Pekanbaru saat jam-jam sibuk?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengevaluasi kinerja simpang tiga bersinyal di persimpangan Tabek Gadang Pekanbaru yang mencakup volume lalu lintas, kapasitas yang tersedia, derajat kejenuhan yang terjadi, tundaan dan panjang antrian berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).
2. Untuk menemukan solusi alternatif permasalahan kemacetan simpang tiga bersinyal di persimpangan Tabek Gadang Pekanbaru saat jam-jam sibuk.

Manfaat Penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui kinerja simpang tiga bersinyal di persimpangan Tabek Gadang Pekanbaru yang mencakup volume lalu lintas, kapasitas yang tersedia, derajat kejenuhan, tundaan, dan Panjang antrian berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).

2. Dapat menemukan solusi alternatif permasalahan kemacetan simpang tiga bersinyal di persimpangan Tabek Gadang Pekanbaru saat jam-jam sibuk.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada evaluasi kinerja simpang tiga bersinyal pada persimpangan Tabek Gadang, Pekanbaru dengan fokus pada:

1. Lokasi penelitian terbatas pada persimpangan tiga Tabek Gadang, Pekanbaru.
2. Perencanaan tidak membahas dari segi konstruksi maupun analisis biaya.
3. Metode yang digunakan berdasarkan Pedoman Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yang dikeluarkan Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum tahun 1997.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

1. (Ferry Dacosta Baboe, dkk 2024) melakukan penelitian dengan judul *“Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pada Jalan Yos Sudarso – Jalan Galaxy Kota Palangka Raya”*. Tujuan penelitian adalah untuk dapat mengetahui tentang bagaimana kinerja simpang tiga bersinyal, serta memberikan penerapam alternatif agar simpang dapat bekerja optimal. Pengolahan data menggunakan metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997). Hasil yang diperoleh dari penelitian menunjukkan kinerja simpang bersinyal Jl. Yos Sudarso – Jl. Galaxy untuk kondisi eksisting berada dalam kategori ITP F dengan nilai tundaan simpang rata-rata = 258 smp/det, nilai pada derajat kejenuhan pada pendekat Selatan = 1,377, pada pendekat Timur = 0,663, dan pada pendekat Barat = 0,893. Angka derajat kejenuhan tersebut melebihi nilai yang disarankan MKJI, yaitu $< 0,85$. Dari penelitian ini, solusi yang direkomendasikan yaitu dengan melakukan perubahan pada pengaturan 3 fase menjadi 2 fase dan larangan belok kanan pada pendekat Barat serta penganturan ulang pada waktu siklus lalu lintas pada simpang Jl. Yos Sudarso – Jl. Galaxy sehingga diperoleh nilai ITP (C).
2. (Ronaldy Meiyoga Sugiarto, dkk 2024) melakukan penelitian dengan judul *“Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Jalan Tjilik Riwut – Jalan Revolusi di Kasongan”*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji kondisi cabang dan memberikan pilihan pengelolaan untuk memperbaiki kondisi cabang agar optimal. Penelitian menunjukkan kinerja persimpangan pada Jl. Tjilik Riwut – Jl. Revolusi untuk kondisi ekisting dengan nilai derajat kejenuhan pada pendekat Selatan = 0,634, pada pendekat Utara = 0,789, pada pendekat Timur = 0,292, dan nilai Tundaan simpang rata-rata = 43,6 det/smp yaitu berada dalam kategori ITP E. Dari penelitian ini, alternatif penanganan yang dapat dilakukan adalah dengan cara dikembalikan ke kondisi semula yaitu tidak menggunakan alat pemberi

- isyarat lalu lintas. Dengan demikian, kinerja persimpangan pada Jl. Tjilik Riwut – Jl. Revolusi menjadi baik dan indeks tingkat pelayanan B (ITP B).
3. (Muizzi, dkk 2024) melakukan penelitian dengan judul “*Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Terminal Mojoagung Kabupaten Jombang*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai kinerja simpang bersinyal pada kondisi eksisting dan setelah dilakukan penanganan, mengetahui biaya operasional kendaraan pada kondisi eksisting dan setelah diberikan alternatif penanganan serta menghitung nilai kemacetan. Data yang diperlukan untuk mengetahui kondisi eksisting pada evaluasi ini adalah data data primer yang meliputi data geometrik, data hambatan samping, data LHR dan data kecepatan kendaraan. Hasil evaluasi menunjukkan derajat kejenuhan sebesar 0,98, tingkat nilai pelayanan sebesar 66,9 det/skr yang dikategorikan F, hal ini menjadikan dasar dilakukannya alternatif yang dapat meningkatkan kinerja simpang. Perhitungan biaya operasional kendaraan menggunakan metode PCI. Dari hasil evaluasi, alternatif yang digunakan adalah dengan pengalihan arus untuk kendaraan besar kecuali bus yang awalnya melewati simpang Terminal Mojoagung dialihkan ke *by pass* mojoagung, belok kiri jalan terus untuk pendekat timur, dan merubah waktu siklus sehingga mengurangi derajat kejenuhan menjadi 0,20 – 0,64 dan tingkat pelayanannya menjadi C sebesar 23,5 det/skrP. Biaya operasional kendaraan terhadap kemacetan setelah diberi penanganan Rp.593.047,00/jam pendekat barat, Rp.189.233,00/jam pendekat selatan, Rp.1.194.142,00/jam pendekat timur.
 4. (Dwianico Nugroho, dkk 2023) melakukan penelitian dengan judul “*Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Greges Kota Surabaya*”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting derajat kejenuhan di Jl. Tambakosowilangun 0,53 pada Jl. Greges Timur 0,46 sedangkan pada Jl. Margomulyo 0,46. Namun dengan dilakukan analisis prediksi kondisi lalu lintas 5 tahun mendatang (tahun 2025) maka derajat kejenuhan pada Jl. Tambakosowilangun meningkat menjadi 0,70 pada Jl. Greges Timur 0,98 sedangkan pada Jl. Margomulyo 0,61. Hasil tersebut menunjukkan adanya

permasalahan lalu lintas terutama pada Jl. Greges Timur. Timbulnya permasalahan lalu lintas pada kondisi 5 tahun mendatang membutuhkan upaya pemecahan masalah. Setelah dilakukan analisis upaya pemecahan masalah sebanyak 3 alternatif pemecahan masalah, maka diketahui bahwa upaya pemecahan masalah terbaik adalah penyesuaian waktu APILL dan perbaikan geometrik simpang. Dengan dilakukan pemecahan masalah dimaksud maka derajat kejenuhan pada Jl. Tambakosowilangun menjadi 0,65 pada Jl. Greges Timur 0,83 sedangkan pada Jl. Mar gomulyo 0,65.

5. (Asianto, dkk 2023) melakukan penelitian dengan judul “*Analisa Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Dengan Menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dari simpang tiga bersinyal dalam kondisi eksisting dan Mengetahui Kinerja Simpang Tiga Bersinyal terhadap volume pergerakan lalulintas pada 5 tahun mendatang. Dalam penelitian ini, digunakan metode yang diakui diindonesia yaitu Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997. Hasil analisa kinerja simpang tiga bersinyal metode (MKJI) 1997 kondisi eksisting operasional simpang menunjukkan nilai $DS < 0,85$ yaitu sebesar 0,74 Yang berarti bahwa kondisi simpang ini dalam keadaan cukup baik, Derajat Kejenuhan Diisyaratkan adalah kurang dari 0,85 ($DS \leq 0,85$), Dengan tundaan 14,42 det/smp, Sehingga didapat tingkat pelayanan simpang bernilai B (Baik).Proyeksi pertumbuhan kendaraan melebihi dari standar dengan asumsi derajat kejenuhan, Dari hasil analisa kemampuan simpang pada 5 tahun mendatang Derajat kejenuhan (DS) pada 2 tahun pertama pada tahun 2021 nilai DS sebesar 0,78, Dan pada tahun 2022 nilai DS sebesar 0,82, Namun pada 3 tahun terakhir nilai derajat kejenuhan (DS) telah melebihi persyaratan yang berpedoman pada MKJI 1997 yaitu pada tahun 2023 nilai DS sebesar 0,86 dan tahun 2024 nilai DS sebesar 0,90 serta pada tahun 2025 nilai DS sebesar 0,95.
6. (Suartawan dan Vicente 2022) melakukan penelitian dengan judul “*Analisis Kinerja Simpang Tiga Bersinyal Jalan Raya Sesetan, Jalan Pulau Buton dan Jalan Raya Diponegoro, Denpasar Selatan*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan data eksisting kinerja simpang bersinyal pada

lokasi tersebut. Berdasarkan penelitian analisis kinerja yang sudah dilakukan pada Simpang Tiga Bersinyal Jalan Raya Diponegoro, Jalan Raya Sesetan, dan Jalan Pulau Buton dengan menggunakan metode dalam MKJI 1997, dapat disimpulkan bahwa hasil analisis Kapasitas (C) setiap lengan berurutan adalah 1354 smp/jam, 1250 smp/jam, 652 smp/jam; Derajat Kejenuhan (DS) setiap lengan sama sebesar 0,96; Panjang Antrian (QL) untuk setiap lengan berurutan adalah 145 m, 131 m. dan 171 m. Tundaan Simpang Rata-Rata (D) sebesar 108,30 det/smp sehingga simpang tergolong dengan Tingkat Pelayanan F.

7. (Rachmawati dkk, 2022) melakukan penelitian dengan judul “*Evaluasi Kinerja Ruas Jalan Muara Rapak Kota Balikpapan Kalimantan Timur*”. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja ruas Jalan Muara Rapak Kota Balikpapan pada arah selatan memiliki memiliki derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,80 pada jam puncak dengan volume arus lalu lintas 2.452 smp/jam dan kapasitas jalan 3.082,1 smp/jam. Sementara itu, pada arah utara, derajat kejenuhan (DS) tercatat sebesar 0,72 dengan volume arus lalu lintas 2.227 smp/jam. Kecepatan arus bebas untuk kedua arah adalah 52,12 km/jam, dan waktu tempuh rata-rata untuk arah selatan adalah 0,028 jam, sedangkan untuk arah utara adalah 0,026 jam. Penelitian merekomendasikan pengurangan hambatan samping, khususnya dari kendaraan yang berhenti, untuk meningkatkan kinerja jalan dan mengurangi derajat kejenuhan yang diperkirakan akan mencapai 0,90 untuk arah selatan dan 0,81 untuk arah utara dalam lima tahun ke depan.
8. (Arsyad dan Septiana 2021) melakukan penelitian dengan judul “*Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Jalan A. Yani – Jalan Baco Kabupaten Tabalong*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja simpang Jalan A. Yani - Jalan Baco Kabupaten Tabalong dengan metode pengamatan langsung di lapangan dan analisis data mengikuti pedoman standar metode Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) dan dibantu software KAJI. Dari hasil analisis dan perhitungan didapatkan arus untuk jam puncak yang terjadi adalah 17.20—18.20. Hasil yang diperoleh dari kondisi eksisting simpang antara lain Derajat Kejenuhan (DS) = 0,525, Tundaan Simpang (D) = 9,28, dan Peluang Antrian (Qp) = 19%, dengan

tingkat pelayanan B (masih memenuhi persyaratan yang berlaku). Kemudian dilakukan peramalan agar pada simpang 5 tahun tidak memenuhi syarat dengan $DS = 0,853$, $D = 14,19$, dan $Q_p = 44\%$. Alternatif solusi yang digunakan untuk permasalahan 5 tahun ke depan adalah dengan mengubah simpang tidak bersinyal menjadi simpang bersinyal 3 fasa (dengan pelebaran) yang dilihat dari rata-rata tundaan simpang sebesar 20,95 detik/smp, derajat saturasi adalah 0.

2.2 Keaslian Penelitian

Berdasarkan studi Pustaka dari penelitian terdahulu, penelitian dengan judul “Evaluasi Kinerja Simpang Tiga Bersinyal (Study Kasus Simpang Tabek Gadang Jalan SM. Amin- Jalan HR. Soebrantas Pekanbaru)”.

1. Penelitian dilakukan di sekitaran Persimpangan Tiga Tabek Gadang Pekanbaru.
2. Fokus Metode: Penelitian ini menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997.
3. Studi Kasus Spesifik: Penelitian ini berfokus pada Persimpangan Tiga Tabek Gadang Pekanbaru, memberikan kontribusi yang spesifik dan relevan terhadap pemahaman kondisi persimpangan di wilayah tersebut. Dengan memusatkan perhatian pada satu lokasi, penelitian ini dapat meliputi besar kapasitas yang tersedia, derajat kejenuhan yang terjadi, tundaan, dan panjang antrian.
4. Implementasi Data Lapangan: Dengan mengutamakan data yang diperoleh langsung berupa survei lalu lintas, survei geometri, dan survei lampu lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengatasi permasalahan seputar kondisi lalu lintas di jalan perkotaan khususnya pada persimpangan tiga Tabek Gadang ini.

Dengan ke empat poin tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam bidang evaluasi kinerja simpang tiga bersinyal dan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Simpangan

3.1.1 Pengertian Simpangan

Simpangan merupakan bagian penting dari jalan perkotaan, sebab sebagian besar dari efisisensi, biaya operasional dan kapasitas lalu lintas. Persimpangan adalah simpul pada bagian jalan dimana dua atau lebih ruas jalan (*link*) bertemu atau berpotongan yang mencakup fasilitas jalur jalan (*road way*) dan tepi jalan (*road side*), dimana lalu lintas dapat bergerak didalamnya. Pada perencanaan lalu lintas menerus dan lalu lintas yang saling memotong pada satu atau lebih lengan persimpangan dan mencakup juga pergerakan perputaran. Pergerakan lalu lintas di kendalikan dengan persimpangan. Tujuan utama dari perencanaan persimpangan adalah mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan antar kendaraan bermotor, pejalan kaki, kenyamanan dan ketenangan terhadap pengguna jalan yang memakai persimpangan.

Menurut (Prasetyanto, 2019) Persimpangan merupakan bagian penting dari sistem jaringan jalan, lancar tidaknya pergerakan dalam suatu jaringan jalan sangat ditentukan oleh pengaturan pergerakan di persimpangan, secara umum kapasitas persimpangan dapat dikontrol dengan mengendalikan arus lalu lintas dalam sistim jaringan jalan tersebut. Sehingga persimpangan dapat dikatakan sebagai bagian dari suatu jaringan jalan yang merupakan daerah penting / kritis dalam melayani arus lalu lintas.

3.1.2 Kapasitas Persimpangan

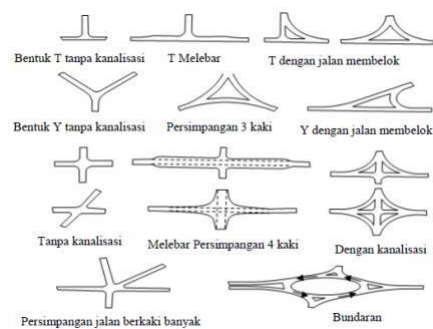
Menurut Oglesby dan Hick (1982) beberapa control yang berlaku pada kapasitas persimpangan yang ditinjau pada saat kondisi lalu lintas dan kondisi geometric jalan berpengaruh pada arus maksimum kendaraan yang dapat melewati persimpangan tersebut. Faktor yang sangat mempengaruhi kapasitas dan pelayanan persimpangan seperti kondisi dan fisik jalan persimpangan itu sendiri, kondisi pada lingkungan sekitar persimpangan, karakteristik dari gerakan lalu lintas yang ada pada persimpangan tersebut, dan banyaknya kendaraan yang melalui persimpangan tersebut.

3.1.3 Jenis – Jenis Simpang

1. Persimpangan Sebidang

Persimpangan sebidang merupakan persimpangan yang mengarahkan arus kendaraan yang masuk dari berbagai jalur yang berlawanan dengan arus kendaraan yang lain. Persimpangan dibagi menjadi dua jenis persimpangan yaitu:

- Simpang Tak Bersinyal, yaitu persimpangan yang tidak memiliki lampu lalu lintas (*Traffic Light*).
- Simpang Bersinyal, yaitu persimpangan memiliki lampu lalu lintas.

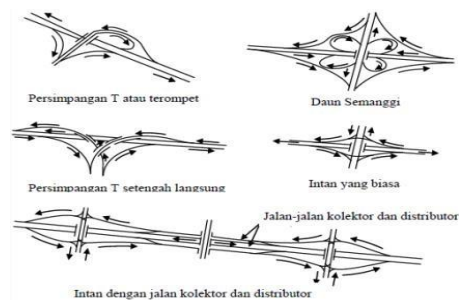


Gambar 3.1 Jenis Persimpangan Jalan Sebidang

Sumber: MKJI 1997

2. Persimpangan Tidak Sebidang

Persimpangan tidak sebidang merupakan persimpangan yang membedakan jalur kendaraan yang berbeda dengan jenis persimpangan persimpangan lainnya.



Gambar 3.2 Jenis Persimpangan Jalan Tak Sebidang

Sumber: MKJI 1997

3.2 Kinerja Simbang Bersinyal

Menurut MKJI 1997 kinerja suatu simpang dapat di definisikan sebagai ukuran yang menerangkan kondisi operasional fasilitas simpang. Kinerja suatu simpang dapat diukur sebagai berikut:

1. Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum per jam yang dipertahankan, yang melewati suatu titik di jalan dalam kondisi yang ada. Kapasitas merupakan ukuran kinerja pada kondisi yang bervariasi, dapat diterapkan pada suatu jalan yang kompleks dan dinyatakan pada smp/jam.

2. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan merupakan rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas. Derajat kejenuhan merupakan suatu indikator yang menentukan tingkat kinerja suatu simpang. Suatu simpang mempunyai tingkat kinerja yang baik apabila derajat kejenuhan tidak lebih dari 0,8 pada jam puncak tahun rencana.

3. Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang di perlukan untuk melewati simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melewati simpang. Tundaan terdiri dari Tundaan Lalu Lintas (DT) yang disebabkan oleh pengaruh kendaraan lain dan Tundaan (DG) disebabkan perlambatan dan percepatan untuk melewati fasilitas tertentu. Tundaan meningkat seiring bertambahnya arus total, yaitu arus jalan utama dan arus simpang, yang mengakibatkan bertambahnya derajat kejenuhan.

4. Peluang Antrian

Peluang antrian (QP%) adalah kemungkinan terjadinya antrian dengan lebih dua kendaraan di daerah pendekat yang mana saja pada simpang tak bersinyal. Batas nilai peluang antrian dapat diperkirakan dari hubungan kurva peluang antrian atau derajat kejenuhan.

3.3 Pengendalian Persimpangan

Sesuai dengan kondisi lalu lintas, dimana terdapat pertemuan jalan dengan arah pergerakan yang berbeda, simpang sebidang merupakan lokasi yang potensial untuk menjadi titik pusat konflik lalu lintas yang bertemu, penyebab kemacetan, akibat perubahan kapasitas, tempat terjadinya kecelakaan, konsentrasi para penyeberang jalan atau pedestrian. Masalah utama yang saling mengkait di persimpangan adalah:

1. Volume dan kapasitas, yang secara langsung mempengaruhi hambatan.
2. Desain geometrik kebebasan pandangan dan jarak antar persimpangan.
3. Kecelakaan dan keselamatan jalan, kecepatan, lampu jalan.
4. Pejalan kaki, parkir, akses dan pembangunan yang sifatnya umum.

Dalam upaya meminimalkan konflik dan melancarkan arus lalu lintas ada beberapa metode pengendalian persimpangan yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Persimpangan prioritas

Metode pengendalian persimpangan ini adalah memberikan prioritas yang lebih tinggi kepada kendaraan yang datang dari jalan utama dari semua kendaraan yang bergerak dari jalan kecil (jalan minor).

2. Persimpangan dengan lampu pengatur lalu lintas.

Metode ini mengendalikan persimpangan dengan suatu alat yang sederhana (manual, mekanis dan elektris) dengan memberikan prioritas bagi masing-masing pergerakan lalu lintas secara berurutan untuk memerintahkan pengemudi berhenti atau berjalan.

3. Persimpangan dengan bundaran lalu lintas.

Metode ini mengendalikan persimpangan dengan cara membatasi alih gerak kendaraan menjadi pergerakan berpencar (*diverging*),

bergabung (*merging*), berpotongan (*crossing*), dan bersilangan (*weaving*) sehingga dapat memperlambat kecepatan kendaraan.

4. Persimpangan tidak sebidang.

Metode ini mengendalikan konflik dan hambatan di persimpangan dengan cara menaikkan lajur lalu lintas atau di jalan di atas jalan yang lain melalui penggunaan jembatan atau terowongan.

3.4 Data Masukan

Beberapa langkah untuk mengevaluasi simpang bersinyal menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) dapat dengan melihat metode di bawah ini:

3.4.1 Kondisi Geometrik dan Kondisi Lingkungan

Kondisi geometrik di persimpangan digambarkan dalam bentuk sketsa yang memberikan informasi denah, jumlah lajur, posisi pendekat, lebar jalan, lebar median, dan petunjuk arah.

Kondisi lingkungan pengaturan lalu lintas di gambarkan dengan fase sinyal dan waktu sinyal yang ada, disertai dengan belok kiri langsung (LTOR). Pengaturan faktor-faktor di atas, selain arus berbelok, dimasukkan ke dalam perhitungan factor penyesuaian untuk mendapatkan kapasitas. Faktor-faktor penyesuaian yaitu ukuran kota, tipe lingkungan jalan, tipe hambatan samping, kelandaian jalan, dan belok kiri langsung.

3.4.2 Kondisi Arus Lalu Lintas

Sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV) merupakan jenis kendaraan yang menurut pada kelas kendaraan. Untuk mengatasi kasus arus lalu lintas, maka dapat diambil data persatuan jam satu periode atau lebih, hal ini didasarkan dengan kondisi arus lalu lintas maksimum misalnya jam puncak rencana. Arus lintas (Q) untuk pergerakan harus dikonversikan dahulu dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam. Konversi dilakukan dengan menggunakan nilai ekivalen kendaraan (emp), nilai ekivalen dapat dilihat dalam table 3.1. (MKJI 1997).

Tabel 3.1 Nilai emp untuk setiap kendaraan

Jenis Kendaraan	NILAI emp UNTUK PENDEKAT	
	Terlindung (P)	Terlawan (O)
Kendaraan Ringan (LV)	1.0	1.0
Kendaraan Berat (HV)	1.3	1.3
Sepeda Motor (MC)	0.2	0.4

Sumber : MKJI 1997

Arus lalu lintas total dalam smp/jam adalah :

$$Q_{smp} = (emp_{LV} \times LV) + (emp_{HV} \times HV) + (emp_{MC} \times MC) \quad (1)$$

Keterangan:

Q_{smp}	= Volume kendaraan bermotor (smp/jam)
emp_{LV}	= Nilai ekivalen untuk kendaraan ringan
emp_{HV}	= Nilai ekivalen untuk kendaraan berat
emp_{MC}	= Nilai ekivalen untuk sepeda motor

Karakteristik volume lalu lintas pada suatu jalan akan bervariasi tergantung pada volume total dua arah, arah lalu lintas, volume harian, bulanan, dan tahunan serta pada komposisi kendaraan.

1. Variasi harian, yaitu arus lalu lintas bervariasi sesuai dengan hari dalam seminggu. Selama 6 (enam) hari dan di jalan antar kota akan menjadi sibuk di hari Sabtu dan Minggu sore.
2. Variasi jam-jam, yaitu volume lalu lintas umumnya rendah pada malam hari, tetapi meningkat secara cepat sewaktu orang mulai pergi ke tempat kerja. Volume jam sibuk biasanya terjadi di jalan perkotaan pada saat orang melakukan perjalanan ke dan dari tempat kerja atau sekolah. Volume jam sibuk pada jalan antar kota lebih sulit untuk diperkirakan.
3. Variasi bulanan, yaitu volume lalu lintas yang berbeda disebabkan oleh karena adanya perbedaan musim atau budaya masyarakat seperti pada saat liburan lebaran dan lain-lain.

4. Variasi arah, yaitu volume arus lalu lintas dalam satu hari pada masing-masing arah biasanya sama besar, tetapi kalau dilihat pada waktu-waktu tertentu, misalnya pada jam sibuk banyak orang akan melakukan perjalanan dalam satu arah, demikian juga pada daerah-daerah wisata atau pada saat upacara keagamaan juga terjadi hal seperti ini dan akan kembali lagi pada akhir masa liburan tersebut. Jenis variasi ini merupakan suatu kasus yang khusus.
5. Distribusi lajur, yaitu apabila dua lajur lalu lintas disediakan pada arah yang sama, maka distribusi kendaraan pada masing-masing lajur tersebut akan tergantung dari volume, kecepatan dan proporsi dari kendaraan yang bergerak lambat dan lain sebagainya.

Untuk masing-masing pendekatan rasio kendaraan belok kiri P_{LT} , dan rasio belok kanan P_{RT} , dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rasio kendaraan belok kanan } P_{RT} = \frac{P_{RT} \text{ smp/jam}}{\text{Total smp/jam}} \quad (2)$$

$$\text{Rasio kendaraan belok kiri } P_{LT} = \frac{P_{LT} \text{ smp/jam}}{\text{Total smp/jam}} \quad (3)$$

Dengar pengertian: P_{LT} = Rasio kendaraan belok kiri

P_{RT} = Rasio kendaraan belok kanan

LT = Arus lalu lintas belok kiri (smp / jam)

RT = Arus lalu lintas belok kanan (smp / jam)

Total = Arus lalu lintas keseluruhan (smp / jam)

3.5 Fase Sinyal

Fase adalah suatu rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama, seperti hijau, kuning, atau merah. Setiap fase bergantian untuk memberikan kesempatan bagi kendaraan untuk melintas dengan aman melalui persimpangan. Fase sinyal memiliki komponen yang berupa:

1. Siklus

Siklus adalah urutan lengkap dari semua indikasi lampu sinyal yang ditampilkan secara bergantian. Setiap siklus mencakup semua fase yang diperlukan untuk mengatur lalu lintas.

2. Interval Waktu

Setiap fase memiliki waktu interval tertentu, termasuk:

- Waktu Hijau: Saat kendaraan diperbolehkan melintas
- Waktu Kuning: Sebagai peringatan bahwa fase hijau akan segera berakhir.
- Waktu Merah: Ketika semua arus harus berhenti

3.6 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Waktu antar hijau dan waktu hilang adalah dua komponen penting dalam pengaturan sinyal lalu lintas di simpang bersinyal. Penentuan waktu antar hijau diambil dari perbedaan akhir waktu hijau suatu fase dengan awal waktu hijau pada fase berikutnya. Berikut adalah rumus-rumus untuk perhitungan waktu hilang, waktu antar hijau dan merah semua:

- Waktu hilang (LTI), adalah jumlah dari waktu antar hijau persiklus.

Rumusnya : $LTI = \Sigma (\text{merah semua} + \text{kuning}) = \Sigma IG$ (4)

Dengan pengertian: LTI = waktu hilang (detik)

IG = waktu antar hijau (detik)

= waktu kuning + waktu merah semua

- Nilai normal di bawah dapat dipakai untuk waktu antar hijau IG (Tabel 3.2)

Tabel 3.2 Nilai normal waktu antar hijau (IG)

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata - Rata	Nilai Normal
Kecil	6-9 m	4 detik / fase
Sedang	10-14 m	5 detik / fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 detik / fase

Sumber: MKJI 1997

- Waktu merah semua merupakan fungsi kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan datang dari garis henti ke titik konflik.

$$\text{Rumusnya: } \text{Merah semua} = \frac{L_{EV} + I_{EV}}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \quad (5)$$

Dengan pengertian:

L_{EV}, L_{AV} = Jarak dari garis henti ke konflik masing-masing
untuk kendaraan yang berangkat dan yang tiba.

I_{EV} = Panjang kendaraan yang berangkat (5m, LV/HV).

V_{EV}, V_{AV} = Kecepatan masing-masing untuk kendaraan

3.7 Arus Jenuh

Arus jenuh adalah ukuran maksimum jumlah kendaraan yang dapat melewati suatu titik di jalur pendekat pada saat lampu hijau menyala. Ini merupakan parameter penting dalam analisis kinerja simpang bersinyal, karena mempengaruhi kemampuan simpang untuk mengalirkan lalu lintas dengan efisien. Arus jenuh (S_0) yaitu besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp /jam hijau).

$$\text{Rumus: } S_0 = (600 \times W_e) \text{ smp /jam.} \quad (6)$$

Dengan pengertian: S_0 = arus jenuh dasar

W_e = lebar efektif pendekat

1. Faktor penyesuaian ukuran kota, ditentukan sebagai fungsi dari jumlah nilai penduduk dengan nilai tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Kelas ukuran kota

Ukuran kota	Jumlah penduduk (juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})
Sangat kecil	< 0,1	0,82
Kecil	0,1 – 0,5	0,83
Sedang	0,5 – 1,0	0,94
Besar	1,0 – 3,0	1,00
Sangat Besar	> 3,0	1,05

Sumber: MKJI, 1997

2. Faktor penyesuaian hambatan samping, didefinisikan dengan nilai tinggi, sedang dan rendah dengan tipe pendekat/tiap fase. Jika hambatan samping tidak diketahui, maka dapat dianggap sebagai tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar dilihat tabel 3.4.

Tabel 3.4 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0	0,05	0,1	0,15	0,2	$\geq 0,25$
Komersial	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,7
	Tinggi	Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,8	0,75	0,71
	Sedang	Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,9	0,86	0,81	0,76	0,72
	Rendah	Terlindung	0,95	0,93	0,9	0,89	0,87	0,83
Pemukiman	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
	Tinggi	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
	Sedang	Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,9	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,8	0,74
	Rendah	Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlindung	1	0,98	0,95	0,93	0,9	0,88

Sumber: MKJI 1997

3. Faktor penyesuaian parkir, adalah sebagai fungsi jarak normal dari garis henti sampai kendaraan pertama yang diparkir di persimpangan (jika ada) dan lebar pendekat yang mempengaruhi arus pergerakan lalu lintas.
4. Faktor penyesuaian kelandaian jalan (F_G), sebagai fungsi dari kelandaian jalan dengan nilai factor untuk kondisi tanjakan (naik) yaitu $< 1,0$ menurun yaitu $> 1,0$ dan datar = 0.
5. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan.
6. Faktor penyesuaian belok kiri, ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri.

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (7)$$

Dengan pengertian: S = Arus jenuh yang disesuaikan

S_0 = Arus jenuh dasra (smp /hijau)

F_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

F_{SF} = Faktor hambatan samping

F_G = Faktor penyesuaian kelandaian

F_P = Faktor penyesuaian parkir

F_{RT} = Faktor penyesuaian belok kanan

F_{LT} = Faktor penyesuaian belok kiri

3.8 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

Rasio arus (FR) masing – masing pendekat yaitu rasio arus lalu lintas terhadap arus jenuh dari suatu pendekat, yaitu dihitung dengan rumus:

$$FR = \frac{Q}{S} \quad (8)$$

Dengan pengertian: FR= Rasio arus tiap pendekat

Q = Arus lalu lintas tiap pendekat (smp /jam)

S = Arus jenuh disesuaikan (smp/jam hijau)

Rasio arus kritis, FR_{CRIT} (rasio tertinggi), didapat dari nilai FR, kemudian dapat dihitung rasio arus simpang, IFR (jumlah dari rasio arus kritis tertinggi untuk semua fase sinyal yang berurutan dalam suatu siklus), dengan rumus :

$$IFR = \sum (FR_{crit}) \quad (9)$$

Dengan pengertian: IFR = Rasio arus simpang

FR_{crit} = Rasio FR tertinggi (kritis)

Perhitungan rasio fase (PR) masing-masing fase sebagai rasio antara FR_{crit} dan IFR adalah menggunakan rumus :

$$PR = \sum FR_{crit} / IFR \quad (10)$$

Dengan pengertian: IFR = Rasio arus simpang

FR_{crit} = Rasio FR tertinggi (kritis)

3.9 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Panjang waktu siklus (cycle time) dari suatu system pengaturan lampu lalu lintas dengan waktu tetap sangat bergantung pada kondisi lalu lintas.

Waktu siklus dinyatakan sebagai berikut:

1. Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}), dengan rumus :

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) (1 - \sum FR_{crit}) \quad (11)$$

Dengan pengertian: C_{ua} = Waktu siklus sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang persiklus (detik)

FR = Arus dibagi arus jenuh (Q /S)

FR_{crit} = Nilai FR tertinggi semua pendekat pada satu fase sinyal

2. Waktu hijau (g), adalah tanda untuk mulainya pergerakan pada satu kaki persimpangan. Waktu hijau dihitung untuk masing-masing fase :

$$g = (C_{ua} - LTI) \times PR \quad (12)$$

Dengan pengertian: g = Tampilan waktu hijau (detik)

C_{ua} = Waktu siklus sebelumnya penyesuaian

LTI = Waktu hilang total persiklus

PR = Rasio fase $FR_{crit}/\Sigma(FR_{crit})$

3. Waktu siklus (c) yang disesuaikan adalah berdasar waktu hijau (g) yang telah dibulatkan dengan waktu hilang (LTI) yang akan dioperasikan di lapangan dan telah disesuaikan dengan pendekat lainnya, dan dihitung dengan rumus:

$$c = \sum g + LTI \quad (13)$$

Dengan pengertian: c = waktu siklus yang disesuaikan (detik)

g = jumlah tampilan waktu hijau (detik)

LTI = waktu hilang total (detik)

3.10 Kapasitas Pendekat Simpang Bersinyal

Kapasitas pendekat simpang bersinyal adalah ukuran maksimum jumlah kendaraan yang dapat melewati suatu pendekat dalam waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam (smp/jam). Kapasitas ini sangat penting untuk analisis kinerja simpang bersinyal, karena mempengaruhi kelancaran lalu lintas dan efisiensi sistem sinyal lalu lintas. Kapasitas dinyatakan sebagai berikut.

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (14)$$

Dengan pengertian: C = Kapasitas (smp/jam)

S = Arus jenuh (smp/jam hijau)

g = Waktu hijau (detik)

c = Waktu siklus

Pengukuran lebar pendekat dilakukan pada jarak 10 meter dari garis imajiner yang menghubungkan jalan yang berpotongan, yang dianggap sebagai mewakili lebar pendekat efektif untuk masing masing pendekat.

Perhitungan lebar pendekat rata-rata adalah jumlah lebar pendekat pada persimpangan dibagi dengan jumlah lengan yang terdapat pada simpang tersebut parameter geometrik berikut diperlukan untuk analisa kapasitas.

- a. Lebar rata-rata pendekatan minor dan utama WC, WBD dan lebar rata-rata pendekat WI (Simpang tiga lengan).
1. Perhitungan lebar rata-rata pendekat pada jalan minor dan jalan utama (Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997).

Perhitungan lebar rata-rata pendekat (Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997):

$$WAC = (WA + WC) / 2; WBD = (WB + WD) / 2 \quad (15)$$

WC = Lebar pendekat jalan minor

WBD = Lebar pendekat jalan mayor

WI = Lebar pendekat jalan rata-rata

Perhitungan lebar rata-rata pendekat (Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997)

$$WI = (WA + WB + WC + WD) / \text{Jumlah lengan}$$

Tabel 3.5 Kode tipe simpang

Kode simpang	Jumlah lengan simpang	Jumlah lajur simpang	Jumlah lajur jalan utama
322	3	2	2
324	3	2	3
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber: MKJI 1997

2. Kapasitas Dasar (C_0)

Nilai kapasitas dasar ditentukan menurut tipe persimpangan berdasarkan Tabel 3.6 dibawah ini:

Tabel 3.6 Kapasitas dasar

Tipe simpang	Kapasitas
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424	3400

Sumber: MKJI 1997

3. Faktor penyesuaian median jalur utama (FM)

Faktor penyesuaian dengan 3 lajur. variabel masukan adalah tipe median jalan utama, seperti pada Tabel 3.7 dibawah ini:

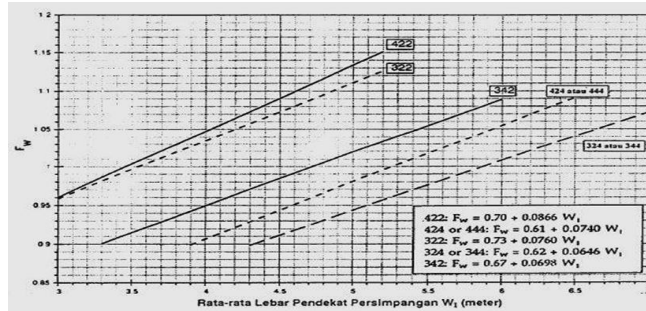
Tabel 3.7 Faktor penyesuaian median jalan utama

Uraian	Tipe M	Faktor koreksi median (FM)
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1,00
Ada median	Sempit	1,25
Ada median jalan utama > 3m	Lebar	1,20

Sumber: MKJI 1997

4. Faktor penyesuaian lebar pendekat (FW)

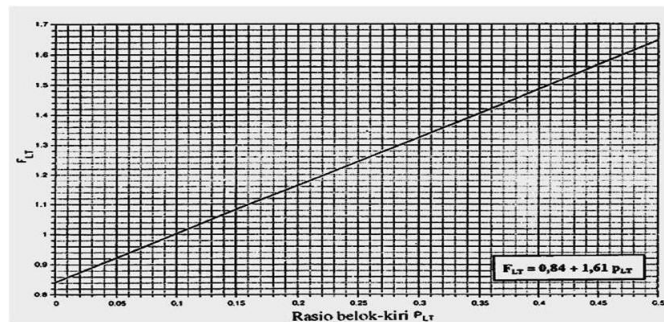
Penyesuaian lebar pendekat diperoleh dari Gambar, Variabel masukan adalah lebar rata-rata pendekat persimpangan W1 dan tipe persimpangan IT. Batas-batas waktu nilai yang diberikan dalam Gambar adalah batas nilai untuk dasar empiris dari manual, seperti terlihat pada Gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Faktor penyesuaian lebar pendekat (MKJI 1997)

5. Faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT})

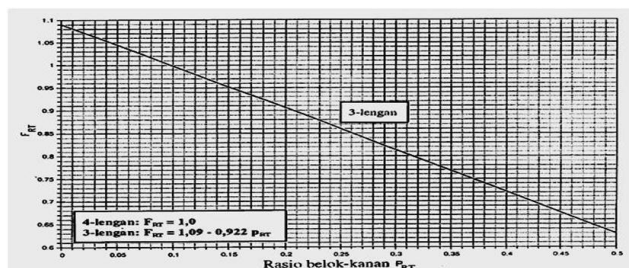
Faktor ini merupakan penyesuaian dari presentase seluruh gerak lalu lintas yang belok kiri pada persimpangan, seperti terlihat pada Gambar 3.4 dibawah ini:



Gambar 3.4 Faktor penyesuaian belok kiri (MKJI 1997)

6. Faktor penyesuaian belok kanan (P_{RT})

Faktor penyesuaian belok kanan ditentukan dari Gambar 3.5 dibawah ini untuk simpang tiga lengan. Variabel masukan adalah belok kanan. Batas nilai yang diberikan untuk P_{RT} pada gambar adalah rentang dasar empiris dari manual untuk simpang tiga lengan; $FW = 1,09 - 0,922 \times P_{RT}$



Gambar 3.5 Faktor penyesuaian belok kanan (MKJI 1997)

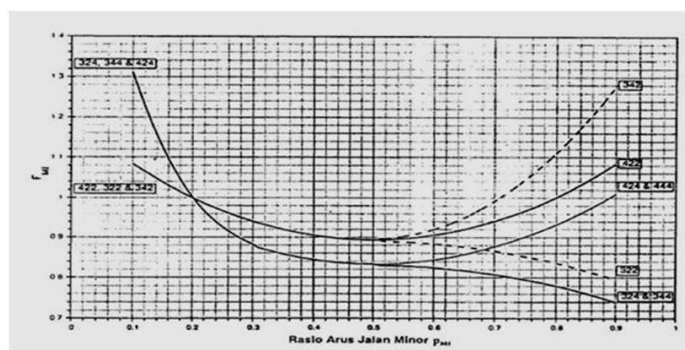
7. Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (PMI)

Batas nilai yang diberikan untuk PMI pada grafik adalah rentang dasar empiris dari manual. Untuk mencari PMI tentukan terlebih dahulu rasio jalan minor kemudia di tarik garis vertikal ke atas sampai berpotongan pada garis tipe simpang yang akan dicari nilainya dilanjutkan dengan menarik horisontal ke kiri. Untuk mencari nilai FMI dapat dicari dengan rumus, seperti Tabel 3.6 dan Gambar 3.6 dibawah ini:

Tabel 3.8 Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor

IT	F	PMI
422	$1,19 \times \text{PMI}^2 - 1,19 \times \text{PMI} + 1,19$	0,1 – 0,9
424	$16,6 \times \text{PM}$	0,1 – 0,3
444	$1,11 \times \text{PMI}^2 - 1,19 \times \text{PMI} + 1,11$	0,3 – 0,9
322	$1,19 \times \text{PMI}^2 - 1,19 \times \text{PMI} + 1,19$	0,1 – 0,5
	$- 0,595 \times \text{PMI}^2 + 0,595 \times \text{P MI} + 0,74$	0,5 – 0,9
342	$1,19 \times \text{PMI}^2 - 1,19 \times \text{PMI} + 1,19$	0,1 – 0,5
	$2,38 \times \text{PMI}^2 - 2,38 \times \text{PMI} + 1,49$	0,5 – 0,9
324	$16,6 \times \text{PM}$	0,1 – 0,3
344	$1,11 \times \text{PMI}^2 - 1,11 \times \text{PMI} + 1,11$	0,3 – 0,5
	$-0,555 \times \text{PMI}^2 + 0,555 \times \text{PMI} + 0,69$	0,5 – 0,9

Sumber: MKJI 1997



Gambar 3.6 Faktor penyesuaian rasio arus jalan minor (MKJI 1997)

3.11 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan dari suatu fase adalah perbandingan arus kedatangan dengan kapasitas dari fase tersebut. Nilai derajat kejenuhan memberikan gambaran tentang kondisi lalu lintas pada ruas jalan tertentu, apakah masih dalam batas aman atau sudah mendekati jenuh. Dihitung dengan rumus:

$$DS = \frac{Q}{C} = \frac{Q \times c}{S \times g} \quad (16)$$

Dengan pengertian: g/c = rasio hijau
 Q = arus kedatangan
 DS = derajat kejenuhan
 C = Kapasitas jalan ($S \times g/c$) Smp / Jam

3.12 Peluang Antrian

Peluang antrian dinyatakan dalam rentang kemungkinan (%) dan dapat ditentukan dengan rumus:

$$1. \text{ Batas nilai bawah} = 9,02 \times Ds + 20,85 \times Ds^2 + 10,48 \times Ds^3 \quad (17)$$

$$2. \text{ Batas nilai atas} = 47,7 \times Ds + 24,68 \times Ds^2 + 56,47 \times Ds^3 \quad (18)$$

3.13 Panjang Antrian

Panjang antrian didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (dalam satu siklus) pada suatu pendekat. Jumlah antrian kendaraan (NQ_1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya untuk

$DS > 0,5$ adalah:

$$NQ1 = 0,25 \times C \times \left[(DS - 1) + \sqrt{(DS - 1)^2 + \frac{9 \times (DS - 0,5)}{C}} \right] \quad (19)$$

Dengan pengertian:

NQ_1 = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

DS = derajat kejenuhan

C = kapasitas (smp /jam)

Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) adalah:

$$NQ2 = c \times (1 - GR) / (1 - GR \times DS) \times Q / 3600 \quad (20)$$

Dengan pengertian:

NQ_2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

c = Waktu siklus (detik)

GR = Rasio hijau

DS = Derajat kejenuhan

Q = Arus lalu lintas pada pendekat tersebut diluar LTOR (smp /jam)

Jumlah kendaraan antri rata – rata di hitung dengan:

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (21)$$

Panjang antrian (QL):

$$QL = NQ_{MAX} \times \frac{20}{W_{MASUK}} \quad (22)$$

Dengan pengertian:

QL = Panjang antrian (m)

NQ_{MAX} = Jumlah antrian rata – rata smp pada awal sinyal hijau (smp)

W_{MASUK} = Lebar masuk (m)

20 = Luas rata – rata yang dipergunakan per smp (m^2)

3.14 Kendaraan Berhenti

Kendaraan terhenti merujuk pada kendaraan yang tidak dapat melanjutkan pergerakannya, biasanya disebabkan oleh sinyal lalu lintas merah atau kondisi kemacetan. Dalam konteks lalu lintas, ini sering diukur untuk menilai efisiensi dan kinerja suatu simpang atau ruas jalan.

1. Angka henti (NS)

Angka henti yaitu jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang, dengan rumus :

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q_{xc}} \times 3600 \quad (23)$$

Dengan pengertian:

NS = angka henti

NQ = jumlah kendaraan antri

Q = arus lalu lintas (smp / jam)

c = waktu siklus (detik)

2. Jumlah kendaran berhenti (N_{sv}) masing-masing pendekat.

$$N_{SV} = Q \times NS \quad (24)$$

Dengan pengertian:

N_{SV} = Jumlah kendaraan berhenti

NS = Angka henti

Q = Arus lalu lintas (smp /jam)

3. Angka henti seluruh simpang (NS_{TOT}):

$$NS_{TOT} = \sum N_{SV} / Q_{TOT} \quad (25)$$

Dengan pengertian:

NS_{TOT} = Angka henti seluruh simpang

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

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

3.15 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melewati suatu simpang dibandingkan terhadap situasi tanpa simpang.

1. Tundaan lalu lintas / *Traffic Delay (DT)*, terjadi karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya yang bertentangan pada suatu simpang (pengaruh kendaraan lainnya).

$$DT = c \times \frac{0,5 \times (1 - gGR)^2}{(1 - GR \times DS)} + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \quad (26)$$

Dengan pengertian:

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

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat kejenuhan

C = kapasitas (smp /jam)

NQ_1 = jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

c = waktu siklus yang disesuaikan(detik)

2. Tundaan geometri / *Delay Geometric (DG)*, karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan / atau terhenti karena lampu merah.

$$DG = (1 - P_{SV}) \times P_T \times 6 + (P_{SV} \times 4) \quad (27)$$

Dengan pengertian:

DG = tundaan geometric rata-rata pada pendekat (detik/ smp)

P_{SV} = rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekat, min (NS,1)

P_T = rasio kendaraan kendaraan membelok pada suatu pendekat

3. Tundaan rata-rata (D) untuk suatu pendekat.

$$D = DT + DG \quad (28)$$

Dengan pengertian:

D = tundaan rata-rata (det /smp)

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

DG = tundaan geometric (det /smp)

4. Tundaan total

Tundaan total adalah tundaan yang didapatkan dengan hasil perkalian antara tundaan rata-rata (D) dengan arus lalu lintas (Q).

Perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D_{TOT} = D \times Q \quad (29)$$

Dengan pengertian:

D_{TOT} = tundaan total (smp /det)

D = tundaan rata-rata (det /smp)

Q = arus lalu lintas (smp /jam)

5. Tundaan rata-rata untuk semua simpang (DI)

Dihitung dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (Q_{TOT}). Perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Tundaan\ simpang\ rata-rata\ (DI) = D_{TOT}/Q_{TOT} \quad (30)$$

Dengan pengertian:

DI = tundaan simpang rata-rata (det /smp)

D_{TOT} = tundaan total (smp /det)

Q_{TOT} = arus lalu lintas (smp /jam)