BAB III
KAJIAN PUSTAKA

3.1 Persimpangan

3.1.1 Pengertian Simpang

Menurut (Lucia I.R Lefrandt, James A. Timboeloeng, 2019) Persimpangan adalah bagian dari ruas jalan dimana arus dari berbagai arah atau jurusan bertemu. Itulah sebabnya di persimpangan terjadi konflik antara arus dari jurusan yang berlawanan dan saling memotong, sehingga mengakibatkan terjadinya kemacetan di sepanjang lengan simpang.

3.1.2 Jenis Simpang

Jenis Simpang Menurut Direktorat Jendral Bina Marga dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997). Menurut Morlok (1988) jenis simpang berdasarkan cara pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu:

3.1.2.1 Simpang Jalan Tanpa Sinyal

Simpang jalan tanpa sinyal adalah simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.

3.1.2.2 Simpang Jalan Dengan Sinyal

Simpang jalan dengan sinyal adalah pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas. Jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau pada lengan simpangnya.

3.1.3 Simpang Tak Bersinyal

Menurut (MKJI, 1997) pada umunya simpang tak bersinyal dengan

pengaturan hak jalan (prioritas dari sebelah kiri) digunakan di daerah pemukiman perkotaan dan daerah pedalaman untuk persimpangan antara lokal dengan arus lalu lintas rendah, untuk persimpangan dengan kelas dan atau fungsi jalan yang berbeda, lalu lintas pada paling efektif apabila ukurannya kecil dan daerah konflik lalu lintasnya ditentukan dengan baik. Karena itu simpang ini sangat sesuai untuk persimpangan antar jalan dua lajur tak terbagi. Simpang tak bersinyal dikategorikan menjadi:

3.1.3.1 Simpang Tanpa Pengontrol

Pada simpang ini terdapat hak utama berjalan *(right of way)* terlebih dahulu yang diberikan pada suatu jalan simpang tersebut. Bentuk simpang ini cocok pada simpang yang mempunyai volume arus lalu lintas rendah.

3.1.3.2 Simpang Dengan Prioritas

Simpang dengan prioritas memberi hak berjalan yang lebih kepada suatu jalan yang spesifik. Bentuk operasi ini dilakukan pada simpang dengan volume yang berbeda dan pada pendekat jalan yang mempunyai volume arus lalu lintas yang lebih rendah sebaiknya dipasang rambu.

3.1.3.3 Persimpangan Dengan Pembagian Ruang

Simpang jenis ini memberikan prioritas yang sama dan gerakan yang berkesinambungan terhadap semua kendaraan yang berasal dari masing-masing lengan simpang. Arus kendaraan saling berjalan pada kecepatan relatif rendah dan dapat melewati persimpangan tanpa harus berhenti. Pengendalian simpang pada jenis ini dicontohkan dengan operasi bundaran dan daerah menjalin.

3.1.4 Simpang Bersinyal (APILL)

Simpang bersinyal adalah suatu persimpangan yang terdiri dari beberapa lengan dan dilengkapi dengan pengaturan sinyal lampu lalu lintas *(traffic light*). Indikator arus lalu lintas yaitu dari waktu tunggu rata-

rata kendaraan pada saat melintasi simpang. Oleh karena itu, Munawar (2004) mengemukakan bahwa jika waktu tunggu rata-rata tanpa lalu lintas sudah lebih besar dari waktu tunggu rata-rata dengan lampu lalu lintas, maka perlu dipasang lampu lalu lintas.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), penggunaan sinyal lampu lalu lintas pada persimpangan dipergunakan untuk satu atau lebih alasan berikut:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak.
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang untuk memotong jalan utama.
3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah bertentangan.

3.2 Perhitungan Simpang Tak Bersinyal

Kinerja simpang adalah hasil pencapaian simpang secara kualitas dan kuantitas yang dicapai oleh simpang dalam menampung volume lalu lintas yang melalui simpang tersebut, baik dari sisi geometrik serta mampu menampung volume lalu lintas dengan maksimal. (Heriyadi, 2018). Dalam meningkatkan kinerja suatu simpang, ada beberapa komponen yang menjadi tolak ukur yaitu kapasitas simpang, derajat kejenuhan, tundaan, dan peluang antrean.

3.2.1 Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang tak bersinyal dihitung dengan rumus:

$$C = Co\ x\ Fw\ x\ Fm\ x\ Fcs\ x\ Frsu\ x\ Flt\ x\ Frt\ x\ Fmi$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 1 Perhitungan Kapasitas Simpang Tak Bersinyal

Keterangan:

C = Kapasitas

Co = Nilai Kapasitas Dasar

Fw = Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat

Fm = Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Fcs = Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Frsu = Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor

Flt = Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Frt = Faktor Penyesuaian Belok Kanan

Fmi = Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Minor

Sebelum menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai arus jenuh terlebih dahulu di tentukan tipe dari persimpangan tersebut. Tipe simpang di tentukan dari banyaknya kaki simpang dan banyaknya lajur pada jalan utama dan jalan simpang pada simpang tersebut dengan kode tiga angka. Untuk mengetahui tipe dari masing-masing simpang dapat di lihat pada tabel berikut ini:

Tabel III. 1 Kode Tipe Simpang

Kode IT	Jumlah Kaki Simpang	Jumlah Lajur Jalan Simpang	Jumlah Lajur Jalan Utama
322	3	2	2
324	3	2	4
342	3	4	2
422	4	2	2
424	4	2	4

Sumber: MKJI, 1997

3.2.1.1 Kapasitas Dasar (Co)

Untuk menentukan kapasitas dasar suatu simpang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel III. 2 Kapasitas Dasar Menurut Tipe Simpang

Tipe Simpang IT	Kapasitas Dasar smp/jam
322	2700
342	2900
324 atau 344	3200
422	2900
424 atau 444	3400

Sumber: MKJI,1997

3.2.1.2 Faktor Penyesuaian Lebar Masuk (Fw)

Faktor penyesuaian lebar masuk menggunakan rumus pada tabel berikut:

Tabel III. 3 Faktor Penyesuaian Lebar Pendekat

No	Tipe Simpang	Rumus
1	422	Fw = 0.70 +0.0866 We
2	422 atau 444	Fw = 0.61 + 0.0740 We
3	322	Fw = 0.73 + 0.0760 We
4	324 atau 344	Fw = 0.62 + 0.0646 We
5	342	Fw = 0.67 + 0.0698 We

Sumber: MKJI, 1997

3.2.1.3 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama (Fm)

Faktor penyesuaian median jalan utama diperoleh dengan menggunakan tabel berikut:

Tabel III.4 Faktor Penyesuaian Median Jalan Utama

Uraian	Tipe median	Faktor koreksi Media (Fm)
Tidak ada median jalan utama	Tidak ada	1.00
Ada median jalan utama, lebar < 4 m	Sempit	1.05
Ada median jalan utama, lebar > 4 m	Lebar	1.20

Sumber: MKJI, 1997

3.2.1.4 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Penentuan faktor penyesuaian ukuran kota dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel III. 5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Kelompok Kota	Penduduk (juta jiwa)	Fcs
Sangat kecil	< 0.1	0.82
Kecil	0.1 – 0.5	0.88
Sedang	0.5 – 1.0	0.94
Besar	1.0 – 3.0	1.00
Sangat besar	> 3.0	1.05

Sumber: MKJI, 1997

3.2.1.5 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor (Frsu)

Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan hambatan samping dan kendaraan tak bermotor adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat rasio kendaraan tak bermotor, hambatan samping dan tipe lingkungan jalan. Untuk menentukan faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor dapat disesuaikan dengan tabel berikut ini:

Tabel III. 6 Faktor Penyesuaian Tipe Lingkungan Jalan Hambatan Samping dan Kendaraan Tak Bermotor

Kelas Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan Samping	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	> 0.25
Komersial	Tinggi	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70
	Sedang	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.70
	Rendah	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.71

Kelas Tipe Lingkungan Jalan	Kelas Hambatan Samping	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	> 0.25
Pemukiman	Tinggi	0.96	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72
	Sedang	0.97	0.92	0.87	0.82	0.77	0.73
	Rendah	0.98	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74
Akses Terbatas	Tinggi/Sedang/Rendah	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75

Sumber: MKJI, 1997

3.2.1.6 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (Frt)

Persentase belok kanan ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Prt = \frac{Qrt}{Qtot}$$

Sumber: MKJI 1997

Rumus III. 2 Rasio Kendaraan Belok Kanan

Keterangan:

Prt = rasio kendaraan belok kanan

Qrt = jumlah kendaraan belok kanan (kend/jam)

Qtot = jumlah total arus kendaraan pada kaki persimpangan tersebut (kend/jam)

Setelah diketahui Prt, kemudian dihitung Frt dengan melihat pada tabel atau dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Frt = 1.09 - (0.922 \times Prt)$$

Sumber: MKJI 1997

Rumus III. 3 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

3.2.1.7 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (Flt)

Persentase belok kiri ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Plt = \frac{Qlt}{Qtot}$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 4 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Keterangan:

Plt = rasio kendaraan belok kiri

Qlt = jumlah kendaraan belok kiri (kend/jam)

Qtot = jumlah total arus kendaraan pada kaki persimpangan tersebut (kend/jam)

Setelah Plt diketahui, maka dapat diketahui Frt dengan melihat pada tabel atau dengan menggunakan rumus:

$$Flt = 0.84 + (0.0161 \times Plt)$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 5 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

3.2.1.8 Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Simpang (Fmi)

Faktor penyesuaian rasio arus jalan simpang adalah faktor penyesuaian kapasitas dasar akibat rasio arus jalan simpang. Rasio arus jalan simpang ditentukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$Pmi = \frac{Qmi}{Qtot}$$

Sumber: MKJI 1997

Rumus III. 6 Rasio Arus Jalan Simpang

Keterangan:

Pmi = Rasio arus jalan simpang

Qmi = Arus total jalan simpang (kend/jam)

Qtot = Jumlah total arus kendaraan pada kaki persimpangan tersebut (kend/smp)

Setelah diketahui besarnya Pmi, kemudian dihitung dengan menggunakan rumus yang ada pada tabel. Penggunaan rumus disesuaikan dengan besarnya Pmi.

Tabel III. 7 Faktor Penyesuaian Rasio Arus Jalan Simpang

No	Tipe Simpang	Pmi	Fmi
1	444	0.3 – 0.9	1.11 x Pmi² - 1.11 x Pmi + 1.11
2	322	0.1 – 0.5	1.19 x Pmi² - 1.19 x Pmi + 1.19
		0.5 – 0.9	- 0.595 x Pmi² + 0.595 x Pmi³ + 0.74

Sumber : MKJI, 1997

3.2.2 Derajat Kejenuhan (DS)

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), derajat kejenuhan adalah rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan simpang tak bersinyal dapat dihitung dengan rumus:

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Sumber: MKJI,1997

Rumus III. 7 Perhitungan Derajat Kejenuhan Simpang

Keterangan:

DS = Kapasitas kejenuhan

Q = Arus total sesungguhnya (smp/jam)

C = Kapasitas sesungguhnya (smp/jam)

3.2.3 Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui suatu persimpangan yang terdiri dari:

3.2.3.1 Tundaan Lalu Lintas Simpang (DT_1)

Tundaan Lalu Lintas Simpang adalah rata-rata untuk semua kendaraan bermotor yang masuk simpang. Tundaan lalu lintas simpang (DT1) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan rumus:

$$DT_1 = 2 + 8{,}2078^{DS} - (1 - DS)^2 \text{ untuk DS < 0,6}$$

$$DT_1 = \frac{1{,}0504}{(0{,}2742 - 0{,}2042^{DS})} - (1 - DS)^2 \text{ untuk DS > 0,6}$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 8 Perhitungan Nilai Tundaan Lalu Lintas Simpang

3.2.3.2 Tundaan Lalu Lintas Utama (DT_{MA})

Tundaan lalu lintas utama adalah tundaan lalu lintas rata-rata semua kendaraan bermotor yang masuk persimpangan dari jalan utama. Tundaan lalu lintas jalan utama (DT_{MA}) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan rumus:

$$DT_{MA} = 1{,}8 + 5{,}8234^{DS} - (1 - DS)^{1{,}8} \text{ untuk DS < 0,6}$$

$$DT_{MA} = \frac{1{,}05034}{(0{,}346 - 0{,}246^{DS})} - (1 - DS)^{1{,}8} \text{ untuk DS > 0,6}$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 9 Perhitungan Nilai Tundaan Lalu Lintas Jalan Utama

3.2.3.3 Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor (DT_{MI})

Tundaan lalu lintas jalan minor adalah tundaan simpang rata-rata dan tundaan jalan utama rata-rata. Tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan rumus:

$$DT_{MI} = \frac{(Qtot\ x\ DT_1 x\ Q_{MA}\ x\ DT_{MA}}{Q_{MI}}$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 10 Perhitungan Tundaan Lalu Lintas Jalan Minor

3.2.3.4 Tundaan Geometrik Simpang (DG)

Tundaan geometrik simpang adalah tundaan geometrik rata-rata seluruh kendaraan bermotor yang masuk simpang. Tundaan lalu lintas jalan minor (DT_{MI}) untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan rumus:

$$DG = (1 - DS)x\ (Pr\ x\ 6 + (1 - Pr)\ x\ 3 + DS\ x\ 4 \text{ untuk DS < 1,0}$$

$$DG = 4 \text{ untuk DS} \geq 1{,}0$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 11 Perhitungan Tundaan Geometrik Simpang

Keterangan:

DG = Tundaan Geometrik Simpang

DS = Derajat Kejenuhan

Pr = Rasio Belok Total

3.2.3.5 Tundaan Simpang (D)

Untuk simpang tidak bersinyal dapat dihitung dengan rumus:

$$D = DG + DT_1$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 12 Perhitungan Tundaan Simpang

Keterangan:

DG = Tundaan Geometrik Simpang

DT_1 = Tundaan Lalu Lintas Simpang

3.2.3.6 Peluang Antrean

Antrean menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (1997), didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang antre dalam suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang. Sedangkan panjang antrean di definisikan sebagai panjang antrean kendaraan dalam suatu pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter. Rentang nilai peluang antrean QP ditentukan dari hubungan antara peluang antrean QP dan derajat kejenuhan DS serta ditentukan dengan grafik.

$$QP\%\ (atas) = 47{,}71 \times DS\ - 24{,}68\ \times DS^2\ + 56{,}47\ \times\ DS^3$$

$$QP\%\ (bawah) = 9{,}02 \times DS + 20{,}66\ \times DS^2\ + 10{,}49\ \times\ DS^3$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 13 Perhitungan Peluang Antrean

3.2.4 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan persimpangan jalan adalah suatu kualitas perjalanan menggambarkan kondisi lalu lintas yang mungkin timbul pada suatu jalan akibat dari berbagai volume lalu lintas. Ukuran dari tingkat pelayanan suatu simpang terhadap lalu lintas yang ada tergantung dari derajat kejenuhan dan tundaan kendaraan (MKJI, 1997).

Menurut (MKJI, 1997) tingkat pelayanan tidak dapat dihitung secara kuantitatif tetapi dilihat secara kualitatif. Tiap-tiap negara berbeda dalam menilai tingkat pelayanan disebabkan karena perbedaan situasi dan kondisi tiap negara. Untuk menentukan tingkat kinerja pada persimpangan tempat penelitian ini ditinjau dari nilai DS. Jika didapatkan DS > 0,85 maka perlu dilakukan perencanaan ulang. Rata-rata tundaan dipakai untuk menentukan tingkat pelayanan tiap pendekat (*approach*).

3.3 Perhitungan Simpang Bersinyal

3.3.1 Arus Jenuh (S)

Besarnya keberangkatan antrean di dalam suatu pendekat selama

kondisi tertentu. Untuk penghitungan arus jenuh adalah dengan mengalikan semua faktor yang mempengaruhi dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$S = So \times Fcs \times Fsf \times Fg \times Fp \times Frt \times Flt$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 14 Arus Jenuh

Keterangan:

S = Arus jenuh
So = Arus jenuh dasar
Fcs = Faktor penyesuaian ukuran kota
Fsf = Faktor penyesuaian hambatan samping
Fg = Faktor penyesuaian kelandaian
Fp = Faktor penyesuaian parkir
Frt = Faktor penyesuaian kendaraan belok kanan
Flt = Faktor penyesuaian kendaraan belok kiri

3.3.1.1 Arus Jenuh Dasar (So)

Nilai arus jenuh dasar dapat di tentukan dengan rumus berikut ini:

$$So = 600 \times We$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 15 Arus Jenuh Dasar

Keterangan :

We = Lebar masuk suatu pendekat (meter)

3.3.1.2 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)

Faktor penyesuaian ukuran kota pada perhitungan arus jenuh sama dengan faktor penyesuaian pada perhitungan kapasitas.

Tabel III. 7 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota

Penduduk Kota (Juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (Fcs)
>3.0	1.05
1.0 – 3.0	1.00
0.5 – 1.0	0.94
1.0 – 0.5	0.83
< 0.1	0.82

Sumber: MKJI, 1997

3.3.1.3 Faktor Penyesuaian Gesekan Samping (Fsf)

Untuk faktor penyesuaian gesekan samping pada penghitungan arus jenuh dapat di lihat pada tabel berikut:

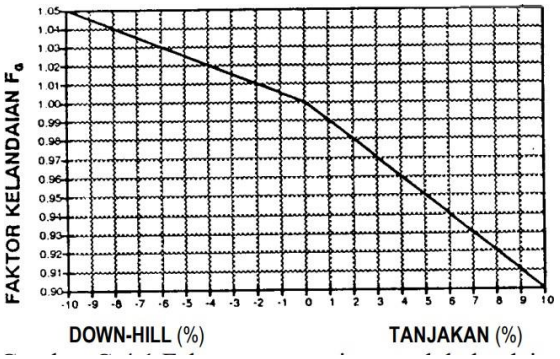
Tabel III. 8 Faktor Penyesuaian Gesekan Samping

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0	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
	Tinggi	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
	sedang	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
	rendah	terlindung	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.83
Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
Pemukiman (res)	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	0.90	0.87	0.85
	rendah	terlawan	0.98	0.93	0.88	0.83	0.80	0.74
	rendah	terlindung	0.98	0.96	0.94	0.91	0.88	0.86
Akses Terbatas	tinggi/ sedang/ rendah	terlawan	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
	tinggi/ sedang/ rendah	terlindung	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.88

Sumber: MKJI, 1997

3.3.1.4 Faktor Penyesuaian Kelandaian (Fg)

Untuk menentukan faktor penyesuaian kelandaian digunakan gambar grafik berikut:



Sumber: MKJI, 1997

Gambar III. 1 Grafik Faktor Kelandaian

3.3.1.5 Faktor Penyesuaian Parkir (Fp)

Faktor penyesuaian parkir disesuaikan dengan menggunakan gambar grafik sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai kendaraan yang di parkir pertama. Faktor penyesuaian parkir juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Fp = [\ (Lp / 3 - (\ wa - 2\ )\ ) \times (\ Lp / 3 - g\ ) / wa\ ] / g$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 16 Faktor Penyesuaian Parkir

Keterangan :

Lp = Jarak antar garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama
Wa = Lebar pendekat
g = Waktu hijau pada pendekat

3.3.1.6 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (Flt)

$$Flt = 1.0 - Plt \times 0.16$$

Sumber: MKJI,1997

Rumus III. 17 Faktor Penyesuaian Belok Kiri

Sedangkan dalam pendekat-pendekat terlawan (tipe O) pada umumnya lebih lambat, maka tidak diperlukan penyesuaian untuk pengaruh rasio belok kiri. (MKJI, 1997)

3.3.1.7 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (Frt)

Ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (hanya untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah)

$$Frt = 1.0 + Prt \times 0.26$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 18 Faktor Penyesuaian Belok Kanan

Jadi untuk Frt 4 lengan sama dengan 1 karena Prt sama dengan 0.

3.3.1.8 Waktu Siklus (c)

Untuk menentukan besarnya waktu siklus yang diperlukan oleh suatu persimpangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

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

Sumber: MKJI 1997

Rumus III. 19 Waktu Siklus

Keterangan :

C = Waktu siklus sinyal (detik)

LTI = Jumlah waktu hilang per siklus (detik)

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

Frcrit = Nilai FR tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada suatu fase sinyal

E(FRcrit) = Rasio arus simpang = Jumlah FRcrit dari semua fase pada siklus tersebut

1. Waktu Hijau (gi)

Kinerja suatu simpang bersinyal pada umunya lebih peka terhadap kesalahan – kesalahan dalam pembagian waktu hijau

daripada terhadap terlalu panjangnya waktu siklus. Penyimpangan kecil pun dari rasio hijau (g/c) yang ditentukan menghasilkan bertambah tingginya tundaan rata – rata pada simpang tersebut.

Untuk menghitung nilai waktu hijau dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$gi = (c - LTI) \times FRcrit / PRi$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 20 Waktu Hijau

Keterangan :

gi = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

Cua = Waktu siklus sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus

Pri = Rasio fase (Frcrit /∑Frcrit)

IFR = Rasio arus simpang ∑(Frcrit)

2. Waktu siklus yang disesuaikan

Dihitung berdasarkan waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI). Dihitung dengan rumus:

$$c = \sum g + LTI$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 21 Waktu Siklus yang Disesuaikan

3.3.2 Kapasitas (C)

Untuk penghitungan kapasitas pada masing-masing pendekat di gunakan rumus berikut:

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

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 22 Kapasitas

3.3.3 Derajat Kejenuhan

Merupakan rasio dari arus lalu lintas terhadap kapasitas untuk suatu pendekat. Derajat kejenuhan ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DS = Q/C$$

Sumber : MKJI, 1997

Rumus III. 23 Derajat Kejenuhan

3.3.4 Panjang Antrean

Hasil perhitungan derajat kejenuhan digunakan untuk menghitung jumlah antrean smp (NQ1) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk derajat kejenuhan, DS > 0,5 maka perhitungan jumlah antrean menggunakan rumus berikut ini.

$$NQ1 = 0{,}25 \times C \times [\sqrt{(DS-1)^2 + \frac{8\times(DS-0{,}5)}{C}}\ ]$$

Sumber : MKJI,1997

Rumus III. 24 Jumlah smp yang tertinggal dari fase hijau sebelumnya

Sedangkan untuk nilai DS ≤ 0,5 NQ1 = 0NQ1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya. Untuk menentukan jumlah antrean yang datang selama fase merah digunakan rumus sebagai berikut ini:

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

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 25 Jumlah smp yang datang selama fase merah

NQ2 = Jumlah smp yang datang selama fase merah

Untuk mendapatkan berapa jumlah antrean total yaitu dihitung dengan cara menjumlahkan jumlah antrean yang pertama dengan jumlah antrean yang kedua.

$$NQ = NQ1 + NQ2$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 26 Jumlah rata-rata antrean smp pada awal sinyal hijau

Panjang antrian di hitung dengan mengalikan NQ maks dengan luas rata – rata yang dipergunakan per smp. Luas rata – rata yang digunakan adalah 20 m². Rumus yang digunakan untuk menghitung panjang antrian adalah sebagai berikut:

$$QL = \frac{(NQ\ max \times 20)}{We}$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 27 Panjang Antrean

Keterangan :

QL = Panjang antrean (m)

Menurut MKJI 1997, NQ maks dapat di cari dengan menggunakan grafik *probability over loading* (POL) / peluang pembebanan lebih. Untuk laju henti masing-masing pendekat yang di definisikan sebagai jumlah rata-rata berhenti per smp (termasuk berhenti berulang dalam antrean) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$NS = 0.9 \times \frac{NQ}{Q \times c} \times 3600$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 28 Angka Henti

Keterangan:

NS = laju henti (stop/smp)

NQ =Jumlah antrian (smp)

Q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Waktu siklus yang disesuaikan (detik)

Setelah menghitung laju henti, untuk menghitung jumlah kendaraan terhenti (Nsv) masing-masing pendekat dapat di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut ini:

$$Nsv = Q \times NS$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 29 Jumlah Kendaraan Terhenti

3.3.5 Tundaan (D)

Setiap pendekat tundaan lalu lintas rata-rata ditimbulkan akibat pengaruh timbal balik dengan gerakan-gerakan lainnya pada simpang. Untuk menghitung tundaan lalu lintas rata-rata dapat di hitung dengan menggunakan rumus rumus berikut ini:

$$DT = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{C}$$

Sumber: MKJI,1997

Rumus III. 30 Tundaan

Keterangan:

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

c = waktu siklus yang disesuaikan (det)

GR = rasio hijau (g/c)

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (smp/jam)

yang mana

$$A = \frac{0.5 \times (1 - GR)^2}{(1- GR) \times DS}$$

Tundaan geometrik pada masing-masing kaki simpang di hitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$DGj = (1 - Psv) \times Pt \times 6 + (Psv \times 4)$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 31 Tundaan Geometrik

Keterangan :

DG = Tundaan geometrik rata – rata untuk pendekat j(det/jam)

Psv = Rasio kendaraan terhenti pada pendekat = Min (NS,1)

Pt = Rasio kendaraan berbelok pada pendekat

Tundaan rata – rata di hitung dengan menggunakan rumus:

$$D = DT + DG$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 32 Tundaan Rata-rata

Keterangan :

D = Tundaan rata – rata

DT = Tundaan Lalu Lintas

DG = Tundaan geometrik

Tundaan rata–rata untuk seluruh simpang dihitung dengan rumus:

$$Di = \frac{\sum (Q \times D)}{Qtot}$$

Sumber: MKJI, 1997

Rumus III. 33 Tundaan Rata-rata Seluruh Simpang

3.4 Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan atau *level of service* (LOS) merupakan pengukuran kualitatif dalam menjelaskan kondisi operasional berdasarkan pengendara atau penumpang terhadap arus lalu lintas (Khisty dan Lall, 2005). Tingkat pelayanan seperti yang dijelaskan dalam Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas merupakan ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas. Tingkat pelayanan simpang merupakan penilaian kondisi operasional persimpangan jalan. Tingkat

pelayanan ditetapkan berdasarkan beberapa indikator, yaitu rasio volume dan kapasitas jalan (V/C rasio), kecepatan, waktu perjalanan, kebebasan bergerak, keamanan, keselamatan, ketertiban, kelancaran, dan penilaian pengemudi terhadap kondisi arus lalu lintas.

Penilaian tingkat pelayanan dapat dilihat pada Peraturan Menteri Nomor 96 Tahun 2015 Tentang Pedoman Pelaksanaan kegiatan Manajemen dan rekayasa Lalu Lintas pada Tabel II.10

Tabel III. 10 Tingkat Pelayanan PERMENHUB No. 96 Tahun 2015

Tingkat Pelayanan (*Level Of Service*)	Kondisi Tundaan
A	< 5 detik
B	5 - 15 detik
C	15 - 25 detik
D	25 - 40 detik
E	40 - 60 detik
F	> 60 detik

Sumber: PERMENHUB No.96 Tahun 2015

3.5 Polusi Udara

Polusi udara adalah gas yang merupakan gabungan antara asap kotor dan bau yang tidak sedap, dan banyak diantaranya merupakan sumbangan emisi gas buang kendaraan bermotor (Ruktiningsih, 2014). Menurut (Rosyidah, 2016) yang dimaksud dengan polusi udara atau pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya suatu zat, energi atau komponen lain ke udara atau berubahnya tatanan udara karena kegiatan manusia oleh proses alam sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan menjadi berkurang fungsi atau tidak sesuai peruntukannya, salah satu sumbernya adalah sumber bergerak yaitu kendaraan bermotor. Emisi gas buang merupakan pemancaran atau pelepasan gas yang berasal dari pembakaran pada kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar dari minyak bumi (bensin dan solar) ke lingkungan udara melalui knalpot kendaraan bermotor. Jenis zat – zat yang dihasilkan oleh emisi gas buang kendaraan adalah:

1. CO (Carbon Monoksida) ciri – ciri gas CO adalah tidak berwarna, tidak

berbau. CO merupakan gas buang hasil efek samping pembakaran tidak sempurna antara bahan bakar (terutama bensin) dan O2 (oksidasi atau pembakaran). Penyumbang terbesar gas ini merupakan kendaraan bermotor. Produksi CO secara alamiah adalah sebesar 25 kali lebih banyak dibandingkan dengan sumber antropogenik. Gas CO sangat beracun karena gas ini dapat mengikatkan hemoglobin dalam darah. Pengaruh dari CO dalam darah terdapat pada tabel dibawah:

Tabel III. 11 Pengaruh Kadar CO

Kadar	Pengaruh
5-10%	Pengurangan Daya Penglihatan
10-30%	Sakit Kepala Dan Kurang Kinerja Saat Olahraga
30-60%	Tidak Sadarkan Diri
>60%	Kematian

Sumber: Malkhamah, 2001

2. Nitrogen Oksida (NOx), adalah gas tidak berwarna yang merupakan gas beracun bagi manusia dan pada umumnya gas ini dapat menimbulkan gangguan sistem pernafasan. NO^2 dapat masuk ke paru - paru dan membentuk asam nitrit (HNO^2) dan asam nitrat (HNO^3) yang merusak jaringan. NO^2 dapat meracuni paru-paru, gangguan sistem pernafasan yang terjadi dapat menjadi empisema bila kondisinya kronis dapat berpotensi menjadi bronkitis serta akan terjadi penimbunan nitrogen oksida (NOx) dan dapat menjadi sumber karsinogenik atau penyebab timbulnya kanker. Berikut merupakan baku mutu kualitas udara di Kota Banjarbaru

Tabel III. 12 Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Provinsi Kalimantan Selatan

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	Sulfur Dioksida (SO2)	g/Nm3	365
2	Floating (PM10)	g/Nm4	150
3	Nitrogen Oksida (NO2)	g/Nm5	150
4	Karbon Monoksida (CO)	g/Nm6	10
5	Ozon (O3)	g/Nm7	200

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Banjarbaru, 2022

Volume lalu lintas, komposisi lalu lintas, kecepatan, jenis kendaraan, jenis bahan bakar, usia kendaraan, ukuran berat, jumlah berhenti dan

berjalan merupakan faktor – faktor yang mempengaruhi polusi udara. Analisis konsentrasi emisi gas buang pada penelitian ini dilakukan dengan pemodelan pada *Software Vissim*.

3.6 Biaya Kemacetan

Biaya kemacetan adalah biaya perjalanan akibat tundaan lalu lintas maupun tambahan volume kendaraan yang mendekati atau melebihi kapasitas pelayanan jalan (Sugiyanto, 2008).

3.6.1 Analisis Biaya Waktu (*Value Of Time*)

Perhitungan besarnya biaya waktu yang hilang atau harus dikeluarkan diperoleh dari nilai waktu, tundaan, volume kendaraan saat *peak* dan faktor muat (okupansi) tiap kendaraan. Dalam penelitian ini perhitungan besarnya nilai waktu menggunakan pendekatan dari PDRB (*Metode Income Approach*).

Perhitungan nilai waktu perjalanan dengan metode *Income Approach* menggunakan faktor Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) tiap orang dan jam kerja tahunan tiap orang. Persamaan *Income Approach* adalah sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{PDRB/Orang}{Jam\ Kerja\ Tahunan}$$

Rumus III. 34 Metode *Income Approach*

Keterangan :

λ = Nilai (Rp.) waktu/orang/jam

$$Biaya\ waktu/jam\ (Rp.) = V\ x\ O\ x\ D\ x\ \lambda$$

Rumus III. 35 Metode *Value Of Time*

Keterangan :

V = Volume (kend/jam)

O = Okupansi (orang/kend)

D = Tundaan (jam)

λ = Nilai (Rp.) waktu/orang/jam

3.6.1.1 Okupansi Kendaraan

Untuk mengetahui jumlah riil orang yang terkena dampak kemacetan lalu lintas, perlu diketahui tingkat pengisian kendaraan atau okupansi per jenis kendaraan. Berdasarkan data dari Dinas Perhubungan Kota Banjarbaru diketahui okupansi kendaraan di Kota Banjarbaru dapat dilihat pada tabel III.12.

Tabel III. 12 Okupansi Kendaraan di Kota Banjarbaru

No.	Jenis Kendaraan	Okupansi
1	Kend. Roda Tiga	1
2	Mobil Pribadi	3
3	Angkot	10
4	Bus Kecil	25
5	Bus Besar	50
6	*Pick Up*	2
7	Truk Ringan	2
8	Truk Sedang	2
9	Truk Besar	2
10	*Trailer*	2
11	Sepeda Motor	2
12	Kend. Tidak Bermotor	1

Sumber: Dinas Perhubungan Kota Banjarbaru, 2022

3.7 Pengendalian Lalu Lintas

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, pengendalian lalu lintas pada persimpangan berupa:

1. Pengendalian dengan simpang prioritas;
2. Pengendalian dengan simpang ber APILL;
3. Pengendalian dengan simpang ber APILL yang dilengkapi dengan aturan belok kiri langsung;
4. Pengendalian dengan simpang ber APILL otonom adaftif;
5. Pengendalian simpang dengan sistem APILL terkoordinasi (*Area Traffic Control System*);
6. Pengendalian simpang dengan bundaran;
7. pengendalian simpang dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk kepentingan lalu lintas (*Intellegent Transportation*

System/ ITS)

8. pengendalian simpang dengan penerapan marka kotak kuning di persimpangan; dan/atau
9. pengendalian simpang dengan penyediaan ruang henti khusus sepeda motor di persimpangan.

Selain teknik-teknik pengendalian lalu lintas di persimpangan di atas, dimungkinkan juga untuk menerapkan teknik-teknik pengendalian lalu lintas di persimpangan lainnya. Teknik-teknik pengendalian lalu lintas di persimpangan yang akan diterapkan harus memperhatikan kelancaran dan keselamatan lalu lintas serta kebijakan transportasi secara umum.