

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lalu Lintas

Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Pemerintah Indonesia, 2009), lalu lintas adalah gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, sedangkan ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung.

Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Pemerintah Indonesia, 2009), kecelakaan lalu lintas dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Kecelakaan lalu lintas ringan, merupakan kecelakaan yang mengakibatkan kerusakan kendaraan dan/atau barang.
2. Kecelakaan lalu lintas sedang, merupakan kecelakaan yang mengakibatkan luka ringan dan kerusakan kendaraan dan/atau barang.
3. Kecelakaan lalu lintas berat, merupakan kecelakaan yang mengakibatkan korban meninggal dunia atau luka berat.

2.1.1 Kecelakaan Lalu Lintas

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan (Pemerintah Indonesia, 1993), kecelakaan lalu lintas adalah suatu peristiwa di jalan yang tidak disangka-sangka dan tidak disengaja melibatkan kendaraan dengan atau tanpa pemakai jalan lainnya, mengakibatkan korban manusia atau kerugian harta benda.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1993 tentang Prasarana Dan Lalu Lintas Jalan (Pemerintah Indonesia, 1993), korban kecelakaan terdiri dari:

1. Korban mati, adalah korban yang di pastikan mati sebagai akibat kecelakaan lalu lintas dalam jangka waktu paling lama 30 (tiga puluh) haru setelah kecelakaan tersebut

2. Korban luka berat, adalah korban yang menderita luka cacat tetap, atau harus dirawat dalam jangka waktu lebih dari 30 (tiga puluh) hari sejak terjadi kecelakaan.
3. Korban luka ringan, adalah korban yang tidak termasuk dalam pengertian korban mati dan korban luka berat.

2.1.2 Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas

Faktor-faktor penyebab kecelakaan dikelompokkan menjadi 3 (Risdiyanto, 2014), meliputi:

1. Faktor manusia (pemakai jalan), pada umumnya semua faktor yang penyebab kecelakaan lalu lintas tidak berdiri sendiri, tetapi merupakan kombinasi dari berbagai penyebab. Karakteristik pemakai jalan antara lain usia, jenis kelamin, dan tingkat sosial. Kesalahan yang sering dilakukan oleh pemakai jalan sehingga terjadi kecelakaan lalu lintas adalah kecepatan yang berlebihan, lengah, salah anggapan, sikap panik dari orang-orang yang tidak berpengalaman.
2. Faktor kendaraan, jumlah kendaraan yang ada pada saat ini mengalami peningkatan, terbukti dengan banyaknya kendaraan yang berlalu lalang di ruas-ruas jalan khususnya daerah perkotaan. Kenaikan jumlah kendaraan yang melalui ruas jalan akan menambah angka LHR (Lalu Lintas Harian Rata-rata). Dengan demikian lalu lintas menjadi padat karena kenaikan jumlah kendaraan tersebut tidak sebanding dengan penambahan ruas jalan. Kendaraan dapat menjadi faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas bila tidak dikemudikan sebagaimana mestinya, sehingga akibat dari kondisi tekniknya yang tidak layak jalan, atau penggunaan kendaraan yang tidak sesuai aturan.
3. Faktor jalan dan lingkungan, faktor jalan dapat menjadi faktor penyebab kecelakaan bila jalan tersebut tidak sesuai dengan aturan yang ada atau sudah mengalami kerusakan yang ditimbulkan oleh pembuatan yang tidak sesuai aturan atau memang sudah tua. Kerusakan pada permukaan jalan, konstruksi jalan rusak atau tidak sempurna, geometri jalan kurang sempurna merupakan sebagian dari masalah jalan yang mengakibatkan

terjadinya kecelakaan. Lingkungan merupakan salah satu yang dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas, tetapi bisa berhubungan dengan faktor penyebab kecelakaan lain terutama faktor manusia. Sebagian dari pengaruh lingkungan adalah cuaca, asap kendaraan ataupun dari industri dan pandangan sekitar

2.2 Persimpangan

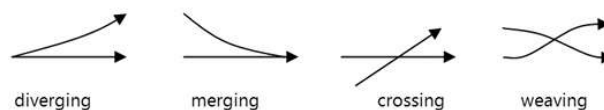
Persimpangan adalah titik pertemuan dua jalan atau lebih, tempat kendaraan biasanya bertemu dan bersinggungan. Kondisi ini sering menyebabkan kemacetan, terutama di simpang yang berada di kawasan perkotaan. Kemacetan terjadi ketika volume kendaraan yang melewati simpang melebihi kapasitas yang tersedia. Simpang dapat dibedakan menjadi beberapa jenis (Risdiyanto, 2014), antara lain:

1. Simpang tak bersinyal (*unsignalised intersection*), simpang tak bersinyal banyak dipakai pada volume lalu lintas yang rendah. Pada simpang jenis ini hak utama pada simpang diperoleh berdasarkan aturan *General Priority Rule*, di mana kendaraan yang lebih dulu berada pada simpang mempunyai hak jalan lebih dahulu, daripada kendaraan yang akan memasuki simpang tersebut.
2. Simpang bersinyal (*signalised intersection*), pada simpang dengan menggunakan sinyal, arus kendaraan memasuki simpang secara bergantian yang diatur dengan menggunakan lampu lalu lintas. Arus lalu lintas yang melaluinya cukup tinggi, sehingga penggunaan simpang tak bersinyal sudah tidak memadai lagi. Lampu lalu lintas mempunyai fungsi utama sebagai pengatur hak jalan bagi pergerakan lalu lintas termasuk pejalan kaki.

2.2.1 Jenis dan Pola Konflik Lalu Lintas pada Persimpangan

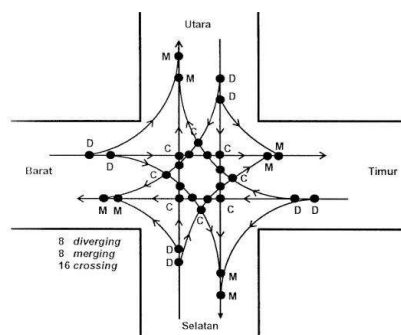
Pada persimpangan, arus kendaraan saling berpotongan dan menimbulkan titik konflik. Setiap manuver kendaraan, baik membelok ke kiri, ke kanan, maupun bergerak lurus, memiliki jenis konflik yang berbeda. Pola konflik tersebut mencerminkan kompleksitas perilaku lalu lintas di area persimpangan. Terdapat empat jenis dasar pergerakan kendaraan (Risdiyanto, 2014), meliputi:

1. Berpencar (*diverging*), arus lalu lintas dari satu arah penyebaran dalam dua arah yang berbeda.
2. Bergabung (*merging*), pada lalu lintas dari dua arah yang berbeda yang bertemu pada arah yang sama.
3. Bersilangan (*crossing*), arus lalu lintas yang memasuki persimpangan dari dua arah yang berbeda dan saling bersilangan.
4. Menjalin (*weaving*), arus lalu lintas dari dua arah yang berbeda memasuki persimpangan lalu menyimpul dan kemudian menyebar dalam dua arah yang berbeda.



Gambar 2.1 Jenis Dasar Dari Gerak Kendaraan
(Sumber: Risdiyanto, 2014)

Gambar berikut menunjukkan jenis-jenis konflik yang terjadi pada persimpangan.



Gambar 2.2 Pergerakan Kendaraan Pada Simpang Tak Bersinyal
(Sumber: Risdiyanto, 2014)

Tindakan pencegahan terhadap potensi konflik lalu lintas dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Mengerem (*braking*)
2. Mengelak (*swerving*)
3. Mempercepat (*acceleration*)

2.2.2 Kapasitas Simpang

Kapasitas simpang (C) dihitung berdasarkan total arus yang masuk dari seluruh lengan simpang. Nilai kapasitas tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara kapasitas dasar (C_0) dengan faktor-faktor koreksi yang menyesuaikan pengaruh kondisi lapangan terhadap kondisi ideal.

$$C = C_0 \times F_{LP} \times F_M \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \times F_{R_{mi}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

C adalah kapasitas Simpang, dalam SMP/jam.

C_0 adalah kapasitas dasar Simpang, dalam SMP/jam.

F_{LP} adalah faktor koreksi lebar rata-rata pendekat.

F_M adalah faktor koreksi tipe median.

F_{UK} adalah faktor koreksi ukuran kota.

F_{HS} adalah faktor koreksi hambatan samping.

F_{BK_i} adalah faktor koreksi rasio arus belok kiri.

F_{BK_a} adalah faktor koreksi rasio arus belok kanan.

$F_{R_{mi}}$ adalah faktor koreksi rasio arus dari jalan minor.

2.2.2.1 Kapasitas Dasar

Nilai kapasitas dasar (C_0) ditetapkan secara empiris berdasarkan kondisi simpang ideal, yaitu simpang dengan lebar lajur pendekat rata-rata (L_{RP}) 2,75 m, tanpa median, berlokasi di kota berpenduduk 1–3 juta jiwa, memiliki hambatan samping sedang, rasio belok kiri (R_{BK_i}) 10%, rasio belok kanan (R_{BK_a}) 10%, rasio arus dari jalan minor (R_{mi}) 20%, serta nilai $q_{KTB} = 0$. Nilai C_0

Tabel 2.1 Kapasitas Dasar Simpang 3 dan Simpang 4

Tipe Simpang	Kapasitas Dasar (SMP/jam)
322	2700
324	3200
344	3200
422	2900
424	3400

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.2.2.2 Penetapan Tipe Simpang

Tipe simpang ditetapkan berdasarkan jumlah lengan simpang serta jumlah lajur pada jalan mayor dan jalan minor, yang dinyatakan dalam bentuk kode tiga angka. Jumlah lengan yang dimaksud mencakup seluruh lengan simpang yang melayani arus lalu lintas, baik yang masuk maupun keluar.

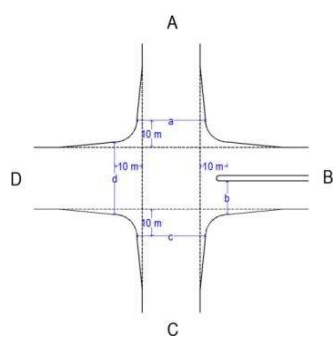
Tabel 2.2 Kode Tipe Simpang

Kode Tipe Simpang	Jumlah Lengan Simpang	Jumlah Lajur Jalan Minor	Jumlah Lajur Jalan Mayor
322	3	2	2
324	3	2	4
422	4	2	2
424	4	2	4

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.2.2.3 Penetapan Lebar Rata-rata Pendekat

Nilai kapasitas dasar (C_0) ditentukan oleh tipe simpang yang ditetapkan berdasarkan data geometri. Data geometri tersebut mencakup jumlah lengan simpang serta jumlah lajur pada setiap pendekat. Lebar rata-rata pendekat untuk jalan mayor (LRP BD) dan jalan minor (LRP AC) diperoleh dari rata-rata lebar masing-masing kaki simpang. Berdasarkan nilai lebar rata-rata ini, jumlah lajur pada pendekat dapat ditentukan sehingga tipe simpang dapat diidentifikasi. Pada simpang tiga, pendekat minor hanya terdiri dari satu kaki, yaitu A atau C, dengan lebar rata-rata pendekat sebesar $a/2$ atau $c/2$.

	<p>Lebar rata-rata pendekat mayor (B-D) dan minor (A-C)</p> <hr/> $L_{RP\ BD} = \frac{(b + \frac{d}{2})}{2} < 5,5\text{ m}$ $L_{RP\ BD} \geq 5,5\text{ m}$ <p>(ada median pada lengan B)</p> <hr/>	<p>Jumlah lajur (untuk kedua arah)</p> <hr/> <p>2</p> <p>4</p> <hr/>
---	--	--

$$L_{RPAC} = \frac{\left(\frac{a}{2} + \frac{c}{2}\right)}{2} < 5,5 \text{ m} \quad 2$$

$$L_{RPAC} \geq 5,5 \text{ m} \quad 4$$

Gambar 2.3 Penentuan Jumlah Lajur

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Secara praktis, pada lengan simpang yang melayani dua arah arus lalu lintas, lebar rata-rata pendekat (L_{RP}) ditentukan dengan membagi lebar total lengan simpang menjadi dua. Apabila pada pendekat tersebut terdapat aktivitas parkir, maka lebar efektif pendekat dikurangi sebesar 2,0 meter atau disesuaikan dengan lebar area parkir yang ada di lapangan.

2.2.2.4 Faktor Koreksi Lebar Pendekat Rata-rata

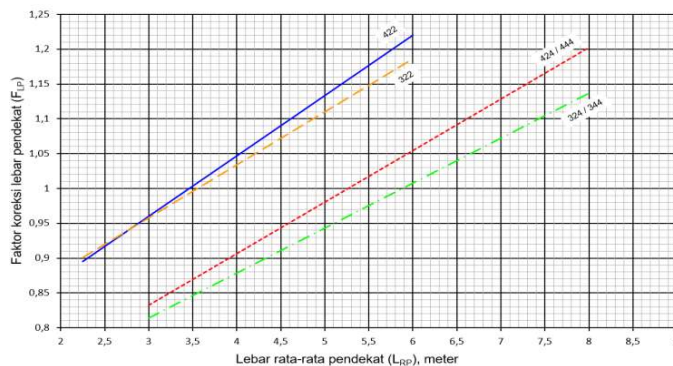
Nilai faktor koreksi lebar pendekat rata-rata (F_{LP}) dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.2) sampai (2.5) atau diperoleh dari grafik pada **Error! Reference source not found.** Besarnya nilai F_{LP} dipengaruhi oleh lebar rata-rata pendekat simpang (L_{RP}).

Untuk Tipe Simpang 422: $F_{LP} = 0,70 + 0,0866 L_{RP} \quad (2.2)$

Untuk Tipe Simpang 424 atau 444: $F_{LP} = 0,61 + 0,0740 L_{RP} \quad (2.3)$

Untuk Tipe Simpang 322: $F_{LP} = 0,73 + 0,0760 L_{RP} \quad (2.4)$

Untuk Tipe Simpang 324 atau 344: $F_{LP} = 0,62 + 0,0646 L_{RP} \quad (2.5)$

Gambar 2.4 Faktor Koreksi Lebar Pendekat Rata-rata (F_{LP})

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.2.2.5 Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

Median dikategorikan sebagai lebar apabila kendaraan penumpang dapat berhenti atau berlindung di dalamnya tanpa mengganggu arus lalu lintas, dengan lebar minimum 3,0 meter. Klasifikasi jenis median beserta faktor koreksi untuk jalan mayor digunakan sebagai acuan dalam analisis. Faktor koreksi median tersebut hanya diterapkan pada jalan mayor yang memiliki empat lajur.

Tabel 2.1 Faktor Koreksi Median Pada Jalan Mayor

Kondisi Simpang	Tipe median	F _M
Tidak ada median di jalan mayor	Tidak ada	1,00
Ada median di jalan mayor dengan lebar <3 m	Median sempit	1,05
Ada median di jalan mayor dengan lebar ≥3 m	Median lebar	1,20

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.2.2.6 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Semakin besar ukuran suatu kota, perilaku pengemudi cenderung lebih agresif sehingga kapasitas lalu lintas dapat meningkat. Faktor Ukuran Kota (FUK) diklasifikasikan berdasarkan jumlah penduduk dan digunakan sebagai parameter dalam analisis kapasitas lalu lintas.

Tabel 2. 3 Faktor Koreksi Ukuran Kota

Ukuran kota	Populasi penduduk, juta jiwa	F _{UK}
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: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.2.2.7 Faktor Koreksi Hambatan Samping

Pengaruh kondisi lingkungan jalan, hambatan samping, serta besarnya arus kendaraan tak bermotor akibat aktivitas di sekitar simpang digabungkan menjadi satu parameter, yaitu faktor koreksi hambatan samping (FHS). Tipe lingkungan jalan diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu komersial,

permukiman, dan akses terbatas, berdasarkan fungsi tata guna lahan serta tingkat aksesibilitas terhadap aktivitas di sekitar simpang. Penentuan kategori tersebut dilakukan melalui penilaian teknis berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

Tabel 2.4 Tipe Lingkungan Jalan

Tipe Lingkungan Jalan	Kriteria
Komersial	Lahan yang digunakan untuk kepentingan komersial, misalnya pertokoan, rumah makan, perkantoran, dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Permukiman	Lahan digunakan untuk tempat tinggal dengan jalan masuk langsung baik bagi pejalan kaki maupun kendaraan.
Akses terbatas	Lahan tanpa jalan masuk langsung atau sangat terbatas, misalnya karena adanya penghalang fisik; akses harus melalui jalan samping.

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Hambatan samping diklasifikasikan menjadi tiga tingkat, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Klasifikasi ini mencerminkan besarnya pengaruh aktivitas di sekitar simpang terhadap arus lalu lintas pada pendekat, seperti pergerakan pejalan kaki yang menyeberang, kendaraan umum yang berhenti untuk menaikkan atau menurunkan penumpang, serta kendaraan yang keluar dan masuk area parkir atau halaman. Setiap kategori ditetapkan berdasarkan kriteria teknis tertentu, dan nilai faktor koreksi hambatan samping (FHS) digunakan sebagai parameter dalam analisis kapasitas lalu lintas.

Tabel 2.5 Kriteria Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kriteria
Tinggi	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang terganggu dan berkurang akibat aktivitas samping jalan di sepanjang pendekat. Contoh, adanya aktivitas angkutan umum seperti menaikturunkan penumpang atau mengetem, pejalan kaki dan/atau pedagang kaki lima di sepanjang atau melintas pendekat, kendaraan keluar/masuk samping pendekat.

Kelas Hambatan Samping	Kriteria
Sedang	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang sedikit terganggu dan sedikit berkurang akibat aktivitas simpang jalan di sepanjang pendekat.
Rendah	Arus berangkat pada tempat masuk dan keluar simpang tidak terganggu dan tidak berkurang oleh hambatan samping.

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Tabel 2.6 Faktor Koreksi Hambatan Samping

Tipe Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	F _{HS} untuk nilai R _{KTb}					
		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
Permukiman	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

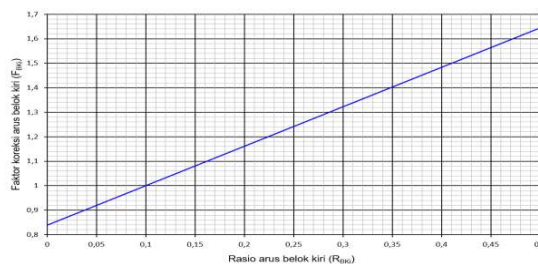
(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.2.2.8 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

Faktor koreksi rasio arus belok kiri (F_{BKi}) dapat ditentukan melalui Persamaan (2.6) atau dengan menggunakan grafik pada **Error! Reference source not found.**

$$F_{BKi} = 0,84 + 1,61 R_{BKi} \quad (2.6)$$

Keterangan: R_{BKi} adalah rasio belok kiri.



Gambar 2.5 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kiri

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

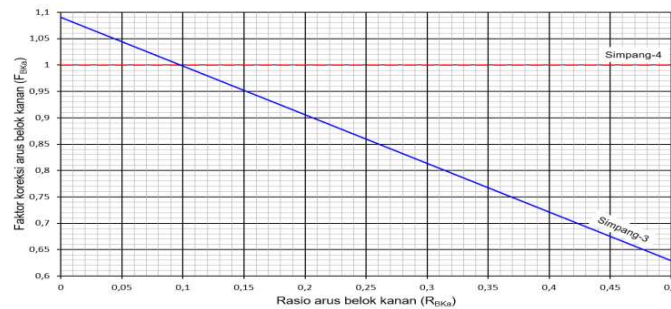
2.2.2.9 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan

Faktor koreksi rasio arus belok kanan (F_{BKa}) dapat ditentukan melalui Persamaan (2.7) sampai (2.8) atau dengan menggunakan grafik pada **Error! Reference source not found.**

$$\text{Untuk Simpang-4: } F_{BKa} = 1,0 \quad (2.7)$$

$$\text{Untuk Simpang-3: } F_{BKa} = 1,09 - 0,922 R_{BKa} \quad (2.8)$$

Keterangan: R_{BKa} adalah rasio belok kanan.



Gambar 2.6 Faktor Koreksi Rasio Arus Belok Kanan

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.2.2.10 Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor

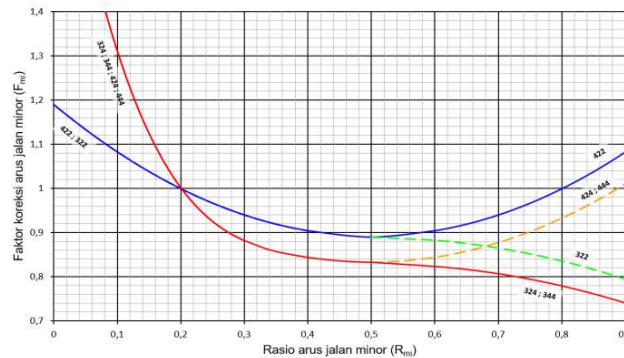
Faktor koreksi rasio arus dari jalan minor (F_{mi}) dapat ditentukan melalui persamaan atau grafik yang tersedia. Nilai F_{mi} dipengaruhi oleh rasio arus jalan minor (R_{mi}) serta tipe simpang yang digunakan dalam analisis.

Tabel 2.7 Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor Dalam Bentuk Persamaan

Tipe Simpang	F_{mi}	R_{mi}
422	$1,19 \times R_{mi}^2 - 1,19 \times R_{mi} + 1,19$	0,1–0,9
424 dan 444	$16,6 \times R_{mi}^4 - 33,3 \times R_{mi}^3 + 25,3 \times R_{mi}^2 - 8,6 \times R_{mi} + 1,95$	0,1–0,3
	$1,11 \times R_{mi}^2 - 1,11 \times R_{mi} + 1,11$	0,3–0,9
322	$1,19 \times R_{mi}^2 - 1,19 \times R_{mi} + 1,19$	0,1–0,5
	$-0,595 \times R_{mi}^2 + 0,595 \times R_{mi} + 0,74$	0,5–0,9

	$16,6 \times R_{mi}^4 - 33,3 \times R_{mi}^3 + 25,3 \times R_{mi}^2 - 8,6 \times R_{mi} + 1,95$	0,1–0,3
324 & 344	$1,11 \times R_{mi}^2 - 1,11 \times R_{mi} + 1,11$	0,3–0,5
	$-0,555 \times R_{mi}^2 + 0,555 \times R_{mi} + 0,69$	0,5–0,9

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)



Gambar 2.7 Faktor Koreksi Rasio Arus dari Jalan Minor

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.3 Kinerja Simpang

2.3.1 Ekuivalensi Mobil Penumpang

Seluruh arus lalu lintas yang masuk ke simpang dan masih dinyatakan dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam) perlu dikonversi menjadi satuan mobil penumpang per jam (SMP/jam) dengan menggunakan nilai ekuivalensi mobil penumpang (EMP) sebagai dasar perhitungan.

Tabel 2.8 Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang

Jenis kendaraan	EMP	
	$q_{TOTAL} \geq 1000$ kend/jam	$q_{TOT} < 1000$ kend/jam
MP	1,0	1,0
KS	1,8	1,3
SM	0,2	0,5

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.3.2 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_I) pada simpang dihitung menggunakan Persamaan (2.9).

$$D_J = \frac{q}{C} \quad (2.9)$$

Keterangan:

D_J = adalah derajat kejenuhan.

C = adalah kapasitas simpang, dalam SMP/jam.

q = adalah semua arus lalu lintas kendaraan bermotor dari semua lengan simpang yang masuk ke dalam simpang dengan satuan SMP/jam.

2.3.3 Tundaan

Tundaan (T) terdiri atas dua jenis, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometri (T_G). T_{LL} merupakan tundaan yang timbul akibat interaksi antar kendaraan dalam arus lalu lintas, baik pada seluruh simpang, jalan mayor, maupun jalan minor. Sementara itu, T_G adalah tundaan yang terjadi karena perlambatan dan percepatan yang terganggu ketika kendaraan membelok atau berhenti di area simpang. Nilai tundaan total (T) dihitung menggunakan Persamaan (2.10).

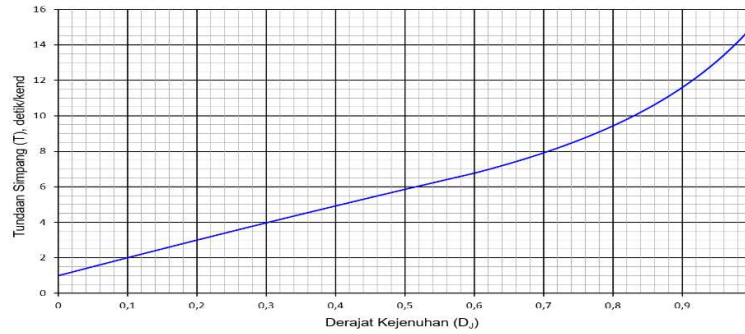
$$T = T_{LL} + T_G \quad (2.10)$$

2.3.3.1 Tundaan Lalu Lintas

Tundaan lalu lintas (T_{LL}) merupakan rata-rata tundaan yang dialami oleh seluruh kendaraan bermotor yang memasuki simpang dari berbagai arah. Nilai T_{LL} dapat dihitung menggunakan persamaan yang tersedia atau ditentukan berdasarkan derajat kejenuhan (D_J) sebagai parameter utama dalam analisis.

$$\text{Untuk } D_J \leq 0,60: T_{LL} = 2 + 8,2078 D_J - (1 - D_J)^2 \quad (2.11)$$

$$\text{Untuk } D_J > 0,60: T_{LL} = \frac{1,0504}{(0,2742 - 0,2042 D_J)} - (1 - D_J)^2 \quad (2.12)$$



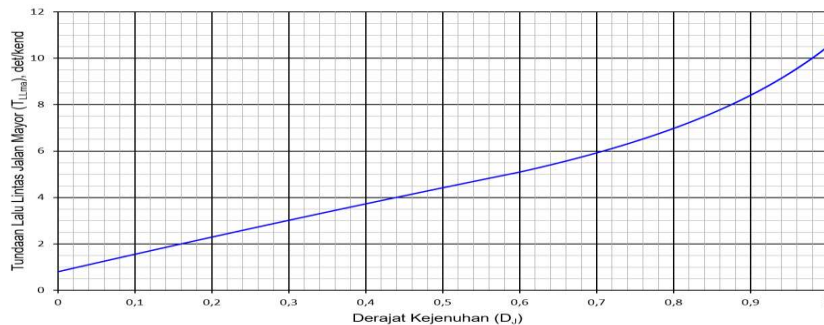
Gambar 2.8 Tundaan Lalu Lintas

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Tundaan lalu lintas pada jalan mayor (TLL_{ma}) merupakan rata-rata tundaan yang dialami oleh seluruh kendaraan bermotor yang memasuki simpang dari arah jalan mayor. Nilai TLL_{ma} dapat dihitung menggunakan persamaan yang tersedia atau ditentukan berdasarkan derajat kejenuhan (D_J) sebagai parameter dalam analisis.

$$\text{Untuk } D_J \leq 0,60: T_{LLma} = 1,8000 + 5,8234 D_J - (1 - D_J)^{1,8} \quad (2.13)$$

$$\text{Untuk } D_J > 0,60: T_{LLma} = \frac{1,0503}{(0,3460 - 0,2460 D_J)} - (1 - D_J)^{1,8} \quad (2.14)$$



Gambar 2.9 Tundaan Lalu Lintas Jalan Mayor

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

Tundaan lalu lintas pada jalan minor (TLL_{mi}) merupakan rata-rata tundaan yang dialami oleh seluruh kendaraan bermotor yang masuk ke simpang dari arah jalan minor. Nilai TLL_{mi} ditentukan berdasarkan hubungan antara T_{LL} dan TLL_{ma}, dan dihitung menggunakan Persamaan (2.15).

$$T_{LLmi} = \frac{q_{KB} \times T_{LL} - q_{ma} \times T_{LLma}}{q_{mi}} \quad (2.15)$$

Keterangan:

q_{KB} adalah arus total kendaraan bermotor yang masuk simpang, dalam SMP/jam.

q_{ma} adalah arus kendaraan bermotor yang masuk simpang dari jalan mayor, dalam SMP/jam.

2.3.3.2 Tundaan Geometri

Tundaan geometri (T_G) merupakan rata-rata tundaan yang terjadi pada seluruh simpang. Nilai T_G dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.16).

$$\text{Untuk } D_J < 1: T_G = (1 - D_J) + \{6 R_B + 3(1 - R_B)\} + 4 D_J \quad (2.16)$$

$$\text{Untuk } D_J \geq 1: T_G = 4 \text{ detik/SMP}$$

Keterangan:

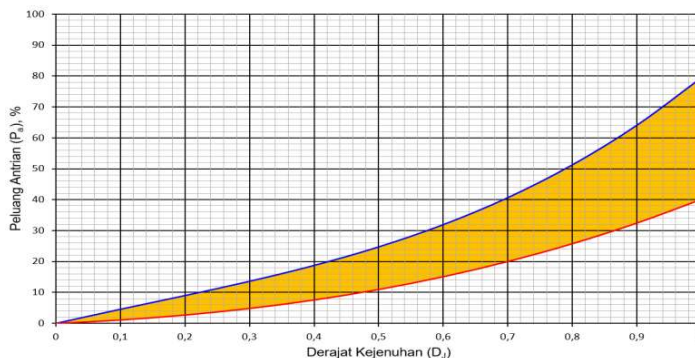
R_B adalah rasio arus belok terhadap arus kendaraan bermotor total simpang.

2.3.4 Peluang Antrian

Peluang antrian (P_a) dinyatakan dalam persentase (%) yang menggambarkan kemungkinan terjadinya antrian kendaraan pada suatu simpang. Nilai P_a dapat ditentukan melalui perhitungan atau pendekatan grafis dengan mempertimbangkan derajat kejenuhan (D_J) sebagai faktor utama. Semakin tinggi nilai D_J , semakin besar pula peluang terjadinya antrian. Parameter ini digunakan sebagai salah satu dasar penting dalam menilai kinerja lalu lintas pada simpang, terutama untuk mengetahui tingkat pelayanan dan kelancaran arus kendaraan.

$$\text{Batas atas peluang : } P_a = 47,71 D_J - 24,68 D_J^2 + 56,47 D_J^3 \quad (2.17)$$

$$\text{Batas bawah peluang : } P_a = 9,02 D_J + 20,66 D_J^2 + 10,49 D_J^3 \quad (2.18)$$



Gambar 2.10 Peluang Antrian

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023)

2.4 Komponen Pendukung Keselamatan Lalu Lintas di Persimpangan

Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Pemerintah Indonesia, 2009), setiap jalan yang digunakan untuk lalu lintas umum wajib dilengkapi dengan perlengkapan jalan berupa:

1. Rambu lalu lintas, adalah bagian perlengkapan jalan yang berupa lambang, huruf, angka, kalimat, dan/atau perpaduan yang berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan.
2. Marka jalan, adalah suatu tanda yang berada di permukaan Jalan atau di atas permukaan Jalan yang meliputi peralatan atau tanda yang membentuk garis membujur, garis melintang, garis serong, serta lambang yang berfungsi untuk mengarahkan arus lalu lintas dan membatasi daerah kepentingan lalu lintas.
3. Alat pemberi isyarat lalu lintas, adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur lalu lintas orang dan/atau kendaraan di persimpangan atau pada ruas jalan.
4. Alat penerangan jalan.
5. Alat pengendali dan pengaman pengguna jalan.
6. Alat pengawasan dan pengamanan jalan.
7. Fasilitas untuk sepeda, pejalan kaki, dan penyandang cacat.

8. Fasilitas pendukung kegiatan lalu lintas dan angkutan jalan yang berada di jalan dan di luar badan jalan.

2.5 Traffic Conflict Technique

Traffic Conflict Technique (TCT) merupakan metode yang digunakan untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas dengan cara menganalisis potensi kecelakaan atau insiden yang hampir terjadi (*near-miss accident*). Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Departemen Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas di Swedia sebagai alat untuk mengevaluasi risiko kecelakaan melalui pengamatan perilaku pengemudi di lapangan.

Dalam penerapannya, *Traffic Conflict Technique* (TCT) berfokus pada pengamatan terhadap konflik lalu lintas, yaitu kejadian yang melibatkan dua atau lebih pengguna jalan di mana salah satu atau keduanya melakukan manuver untuk menghindari tabrakan. Konflik ini mencerminkan potensi kecelakaan yang muncul akibat interaksi yang kurang baik antara faktor manusia, kendaraan, dan lingkungan jalan. Frekuensi dan tingkat keparahan konflik digunakan sebagai indikator untuk menilai tingkat risiko kecelakaan di suatu lokasi. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pola perilaku lalu lintas yang berpotensi menimbulkan bahaya.

2.5.1 Time to Accident

Time to Accident (TA) didefinisikan sebagai waktu tersisa sejak pengemudi melakukan tindakan menghindar hingga terjadinya tabrakan apabila kecepatan atau arah kendaraan tidak diubah. Nilai TA dapat digunakan untuk menilai tingkat keparahan konflik lalu lintas dan dihitung dengan rumus berikut:

$$TA = \frac{d}{v}$$

Keterangan:

d = jarak tempuh menuju titik potensial

v = kecepatan kendaraan ketika tindakan menghindar

Setelah nilai jarak (d) dan kecepatan kendaraan (v) diketahui, data tersebut digunakan untuk menentukan nilai *Time to Accident* (TA) dengan memetakannya

pada tabel hubungan antara jarak dan kecepatan. Nilai TA yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut.

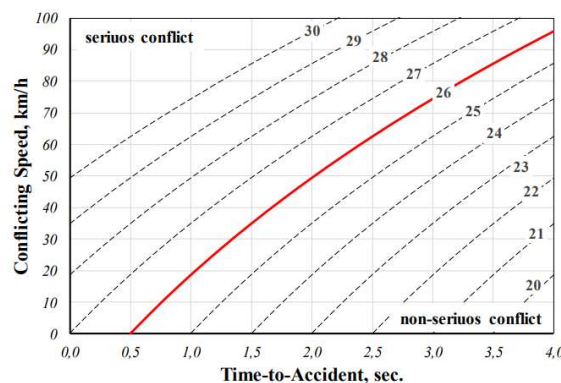
Tabel 2.9 Nilai TA Berdasarkan Kecepatan dan Jarak Konflik

Speed		Distance, m																			
km/jam	m/s	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
5	1,4	0,4	0,7	1,4	2,2	2,9	3,6	4,3	5,0	5,8	6,5	7,2									
10	2,8	0,2	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	5,4	7,2	9,0						
15	4,2	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6			
20	5,6	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,7	3,6	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0	9,9
25	6,9	0,1	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	2,2	2,9	3,6	4,3	5,0	5,8	6,5	7,2	7,9
30	8,3	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6
35	9,7	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,7
40	11,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,4	1,8	2,3	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0
45	12,5		0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,2	1,4	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4
50	13,9		0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	1,1	1,6	1,8	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0
55	15,3		0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	1,0	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	2,9	3,3	3,6
60	16,7		0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3
65	18,1		0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	3,0
70	19,4		0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8
75	20,8		0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6
80	22,2		0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5
85	23,6		0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3
90	25,0		0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
95	26,4		0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1
100	27,8		0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0

(Sumber: Almqvist & Ekman, 2018)

2.5.2 Klasifikasi Jenis Konflik

Konflik dapat diklasifikasikan sebagai *serious conflict* atau *non-serious conflict* dapat dibuktikan dengan kecepatan pengguna jalan saat terlibat konflik. Perbedaan antara *serious conflict* dengan *non-serious conflict* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.11 Batas Antara *Serious Conflict* dan *Non-Serious Conflict*

(Sumber: Almqvist & Ekman, 2018)

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini memuat tinjauan terhadap beberapa penelitian terdahulu yang membahas *Traffic Conflict Technique*, meliputi:

Tabel 2.10 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Penulis	Tujuan Penelitian	Sampel Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Tingkat Keselamatan pada Simpang Tiga dengan Metode <i>Traffic Conflict Technique</i> pada Persimpangan Jalan Raya Kalimalang - Jalan Raden Inten.	Andika Setiawan, Harwidyo Eko Prasetyo, Shinta Novriani, Irnanda Satya Soerjatmodjo, dan Farhan Hanif (2024).	Mengidentifikasi tingkat risiko kecelakaan dan pola kejadiannya pada simpang tak bersinyal menggunakan metode <i>Traffic Conflict Technique</i> .	Persimpangan Jalan Raya Kalimalang – Jalan Raden Inten II, Jakarta.	<i>Traffic Conflict Technique</i> (TCT)	Dari 178 konflik yang diamati sebanyak 111 konflik yang terjadi merupakan konflik serius dengan tiga tipikal perilaku pengendara yaitu pengereman, percepatan, dan manuver. Sementara 67 sisanya merupakan konflik tidak serius.
2.	Analisis Konflik Lalu Lintas Simpang Tak Bersinyal (Studi Kasus: Simpang 3 Parak Gadang, Kota Padang)	Excel Nemers dan Wendy Boy (2024).	Menentukan titik konflik, menganalisis penyebab konflik lalu lintas, dan merumuskan strategi penanganan untuk mengurangi konflik di simpang tiga.	Simpang 3 Parak Gadang, Kota Padang.	<i>Traffic Conflict Technique</i> (TCT).	Terdapat 239 kejadian konflik, terbagi menjadi 3 jenis konflik: <i>crossing</i> (73,22%), <i>merging</i> (22,17%) dan <i>diverging</i> (4,6%). Dari 239 total konflik terdapat 17 serius konflik dan 222 tidak serius konflik. Berdasarkan analisis <i>time to accident</i> , persimpangan ini dikategorikan sebagai persimpangan dengan konflik tidak serius.

No.	Judul	Penulis	Tujuan Penelitian	Sampel Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3.	Analisis Tingkat Keselamatan Lalu Lintas pada Simpang Empat Tak Bersinyal dengan Metode <i>Traffic Conflict Technique</i> (Studi Kasus: Simpang Cicariang - Kawalu - Tasikmalaya)	Muhammad Qori Eida Al Aziz, Uu Saepudin, dan Dedi Sutrisna (2025).	Menganalisis tingkat keselamatan lalu lintas pada simpang empat tak bersinyal menggunakan metode <i>Traffic Conflict Technique</i> .	Simpang Cicariang, Kawalu, Tasikmalaya.	<i>Traffic Conflict Technique</i> (TCT).	Ditemukan 199 konflik dengan <i>Time to Accident</i> (TA) 0,00–0,5 detik untuk 124 konflik. Terdapat 126 konflik serius dan 73 tidak serius. Konflik didominasi sepeda motor dengan perilaku pengereman mendadak.
4.	Evaluasi Tingkat Keselamatan Lalu Lintas di Simpang Empat Trunojoyo dengan Pendekatan <i>Traffic Conflict Technique</i> (TCT).	Manuel Freitas, Mohammad Cakrawala, Riman, dan Dafid Irawan (2025).	Mengevaluasi tingkat keselamatan lalu lintas di simpang empat tanpa sinyal menggunakan metode <i>Traffic Conflict Technique</i> .	Simpang Empat Trunojoyo, Kota Malang.	<i>Traffic Conflict Technique</i> (TCT)	Konflik paling sering adalah jenis <i>crossing</i> dengan kecepatan kendaraan 12,6-39,7 km/jam, jarak antar kendaraan 1-3 meter, dan nilai <i>Time to Accident</i> 0,10-0,47 detik. Faktor utama risiko kecelakaan meliputi perilaku pengemudi tidak tertib, volume lalu lintas tinggi, dan minimnya fasilitas keselamatan.
5.	Analisis Geometri Jalan dan Tingkat Keselamatan Jalan dengan Metode <i>Traffic Conflict Technique Dynamics</i>	Salsabil Khoirunisa (2025).	Menilai pengaruh geometri jalan terhadap tingkat keselamatan lalu lintas.	Persimpangan Pasar Patok, Desa Sidorejo, Kabupaten Blitar.	<i>Traffic Conflict Technique</i> (TCT).	Terdapat 183 konflik pada pagi hari (130 tidak serius, 53 serius). Kecepatan konflik siang hari meningkat hingga 40 km/jam dengan TA terendah 2,56 detik.