

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

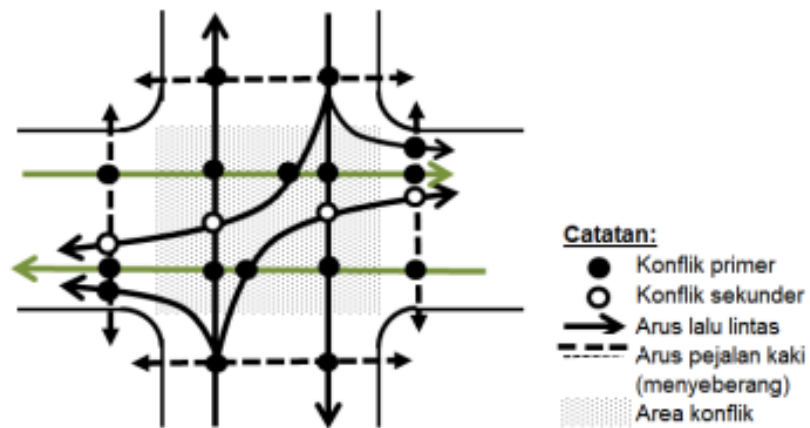
2.1.1 Transportasi

Transportasi ialah pengiriman barang atau orang dari tempat ke tempat lain dengan memakai wahana yang digerakkan manusia, hewan, atau mesin. Hal ini telah menjadi aktivitas sehari-hari penting bagi masyarakat sejak lama (Sani, 2010).

Salah satu masalah utama yang kita hadapi adalah masalah transportasi. Tidak diragukan lagi, karena jumlah pengguna kendaraan yang meningkat, fasilitas-fasilitas yang ada tidak lagi memberikan dukungan. “Bagian jalan yang paling sering menimbulkan gangguan lalu lintas pada umumnya adalah titik persimpangan, dimana perkembangan lalu lintas tidak henti-hentinya, kendaraan bertemu dengan kendaraan yang berbeda, dan perkembangan yang membulat menyebabkan gangguan lalu lintas.” (Syahabudin et al., 2015).

2.1.2 Persimpangan

“Konvergensi jalan adalah suatu wilayah tipikal dimana setidaknya dua jalan, termasuk sisi kantor jalan, dimanfaatkan untuk menangani lalu lintas, dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari seluruh kerangka jalan yang ada saat ini” (Budiman, 2016). “Konvergensi adalah suatu kawasan publik dimana paling sedikit dua jalan bersilangan atau bergabung, termasuk sisi kantor jalan untuk bekerja dengan perkembangan lalu lintas” (Khisty, 2013).



Gambar 2. 1 Sketsa Persimpangan

(Sumber: PKJI 2023)

2.1.3 Sinyal Lalu Lintas

“Sinyal lalu lintas ialah suatu perangkat yang mengatur lalu lintas di persimpangan dan lokasi lain yang dianggap perlu untuk dipasang sinyal lalu lintas. Hal ini dilakukan dengan menggunakan tenaga listrik” (Syahabudin et al., 2015). Lampu pada kerangka ini memancarkan rambu berwarna merah, kuning dan hijau untuk mengenali prinsip dan pedoman yang harus diikuti oleh pengemudi kendaraan.

Kehadiran sinyal lalu lintas dapat membantu peningkatan keselamatan dan juga efisiensi lalu lintas. Menurut PKJI 2023, rambu lalu lintas dipakai guna memisahkan lalu lintas yang berbelok dari jalan panjang pelawan atau dari tempat penyeberangan pejalan kaki, sehingga menimbulkan konflik arus lalu lintas.

2.1.4 Prinsip Simpang Alat Pengatur Isyarat Lalu Lintas (APILL)

Tujuan dari prinsip APILL adalah untuk mengurangi konflik di semua lini baik primer ataupun sekunder. “Konflik primer dimaksudkan dengan konflik yang muncul ketika dua arus lalu lintas saling bersilangan, sedangkan konflik sekunder adalah konflik yang muncul ketika arus belokan berlawanan dengan arus lurus lainnya, atau ketika pejalan kaki menyeberang” (PKJI, 2023).

2.1.5 Pengaturan Sinyal

Dalam papan lalu lintas, koordinasi ataupun rencana lampu lalu lintas, atau sinyal di persimpangan, sangat mempengaruhi arus lalu lintas. Pengaturan lampu lalu lintas menggabungkan waktu hijau, antara waktu hijau, waktu kuning, serta durasi proses. “Agar kendaraan terbanyak dapat melewati suatu persimpangan tanpa henti, lampu lalu lintas dikendalikan dengan menyinkronkan waktu hijau utama pada suatu persimpangan dengan waktu hijau utama pada persimpangan hijau berikutnya. Secara umum, lampu lalu lintas menguntungkan lingkungan, ekonomi, kapasitas jalan, dan keselamatan lalu lintas” (Munawar, 2009).

MKJI 1997, APILL digunakan untuk alasan berikut:

1. Guna mencegah arus berlawanan memadat suatu persimpangan, sehingga kapasitas persimpangan tetap terjaga pada saat lalu lintas tinggi.
2. Menurunkan kuantitas tabrakan antar mobil yang melaju berlawanan arah yang mengakibatkan kecelakaan. Pemasangan sinyal biasanya diperlukan untuk beberapa alasan keselamatan jika kecepatan kendaraan mendekati persimpangan sangat tinggi atau jika bangunan atau tumbuhan di dekatnya menyulitkan untuk melihat pergerakan lawan.
3. Memudahkan mobil dan/atau pejalan kaki untuk menyeberang dari jalan kecil menuju jalan utama”.

2.1.6 Tingkat Pelayanan

Melihat (DJ) memperhatikan kondisi serta membandingkannya dengan perkembangan lalu lintas juga keberadaan persimpangan yang berguna adalah metode yang cocok guna menilai perolehan kinerja simpang pada PKJI 2023. Perlu dilakukannya perhitungan ulang dan asumsi terhadap perlintasan jalan. bagian-bagian tersebut antara lain harus disesuaikan jika tingkat kejenuhan yang ditemukan terlalu tinggi.

Pemenuh No. 96 tahun 2015 menetapkan ITP simpang berdasarkan tundaan simpang rata-rata sebagai berikut:

Tabel 2. 1 *Tingkat Pelayanan*

Indeks Tingkat Pelayanan (ITP)	Tundaan (Detik)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 - 15,0
C	15,0 - 25,0
D	25,1 - 40,1
E	40,1 - 60,0
F	≥ 60

(Sumber: PM 96 tahun 2015)

2.1.7 Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia

MKJI 1997 yang sudah diterapkan selama >12 tahun diperbarui dengan dibuatnya pedoman ini. Nilai ekuivalen satuan mobil penumpang (emp) atau ekuivalen kendaraan ringan (ekr), kapasitas dasar (C0), serta cara penulisannya menjadi perubahan dalam pembaharuan kali ini. Meningkatnya persentase sepeda motor pada arus lalu lintas mengakibatkan menurunnya nilai (ekr) yang juga berpengaruh terhadap nilai (C0). Untuk merancang persimpangan APILL baru, melakukan perbaikan pada persimpangan APILL yang lama beroperasi, serta menilai kinerja lalu lintas persimpangan APILL. Pedoman ini bisa dipakai guna menganalisis persimpangan APILL.

2.1.7.1 Perhitungan Simpang Bersinyal

“Prosedur perhitungan ini mempergunakan data survey lapangan guna menentukan waktu sinyal, batas, dan perilaku lalu lintas (keterlambatan, panjang jalur, dan proporsi kendaraan yang berhenti) pada persimpangan yang diberi sinyal. Informasi ini kemudian akan ditangani oleh sistem kerja hingga hasilnya adalah nilai LOS (*Level Of*

Service) yang diharapkan” (Kurniawan & Ardian, 2017). Berikut data masukan perhitungan simpang bersinyal:

1. Kondisi Lingkungan

Kondisi Lingkungan jalan dibagi menjadi tiga tipe, yaitu:

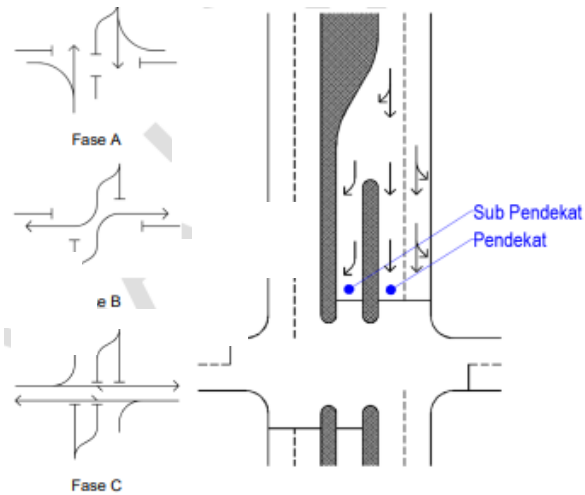
Tabel 2. 2 Tipe Lingkungan Jalan

Tipe Lingkungan Jalan	Kriteria
Komersial	“Area yang digunakan untuk tujuan komersial, seperti pertokoan, restoran, dan perkantoran, memiliki jalan masuk langsung untuk orang dan mobil.”
Permukiman	“Area digunakan untuk perumahan dengan jalan masuk langsung untuk kendaraan dan pejalan kaki”.
Akses Terbatas	“Area tanpa jalan masuk langsung atau sangat terbatas, misalnya karena penghalang fisik, memerlukan jalan samping untuk masuk.”

(Sumber: PKJI 2023)

2. Kondisi Geometri

Menurut PKJI 2023, “perhitungan dilakukan untuk setiap pendekatan individu. Satu lengan simpang APILL dapat terdiri dari 1 (satu) Ini berlangsung saat lalu lintas garis lurus bergerak dengan kecepatan berbeda untuk pergerakan belok kanan dan/atau kiri, atau ketika pulau-pulau jalan raya secara fisik membaginya”.



Gambar 2. 2 Kondisi Geometrik Pengaturan Lalu Lintas
(Sumber: PKJI 2023)

3. Kondisi Pengaturan Lalu Lintas

Dalam PKJI (2023), data lalu lintas diklasifikasi berdasarkan tipe kendaraan, antaranya :

Tabel 2. 3 “Klasifikasi Jenis Kendaraan”

NO	Klasifikasi	Jenis Kendaraan
1	“Sepeda Motor / SM”	“Kendaraan bermotor roda dua dan tiga”
2	“Mobil Penumpang / MP”	“Sedan, jeep, minibus, mikrobus, pickup, truk kecil”
3	“Kendaraan Sedang / KS”	“Bus tanggung, bus metromini, truk sedang”
4	“Kendaraan Tidak Bermotor / KTB”	“Gerobak, Sepeda dan Sepeda listrik”

(Sumber: PKJI 2023)

4. Kondisi Arus Lalu Lintas

Perhitungan diselesaikan setiap jam bagi satu rentang waktu atau tambahan, contohnya, berdasarkan keadaan arus lalu lintas dari jam puncak pagi, sore, dan malam yang diatur.

Tabel 2. 4 Ekuivalensi mobil penumpang (EMP)

Jenis kendaraan	EMP untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan

MP	1,00	1,00
KS	1,30	1,30
SM	0,15	0,40

(Sumber: PKJI 2023)

$$q_{JP} = LHRT \times K \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

LHRT : “adalah lalu lintas harian rata-rata tahunan, dinyatakan dalam SMP/hari”.

K : “adalah faktor jam perencanaan, yang ditemukan melalui studi fluktuasi arus lalu lintas setiap tahun. Nilai K untuk jalan perkotaan berkisar antara 7–12%”.

5. Tipe Pendekatan

Menurut PKJI 2023, “dua jenis pendekatan berbeda: tipe terlindung (P) dan tipe terlawan (O). Jika dua gerakan lalu lintas berangkat pada fase yang berbeda (misalnya, lalu lintas lurus dan lalu lintas belok kanan dengan lajur terpisah), kenali tiap pendekat. Mereka harus dicatat pada baris terpisah dan dianggap sebagai pendekat terpisah untuk perhitungan berikutnya”.

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola pengaturan pada pendekat		
Terlindung (Tipe P)	Arus berangkat tidak konflik dengan arus dari arah yang berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang-3
		Jalan dua arah, belok kanan dibatasi		
		Jalan dua arah, fase untuk masing-masing arah terpisah		
Terlawan (Tipe O)	Arus berangkat konflik dengan arus dari arah yang berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah yang berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak dibatasi		

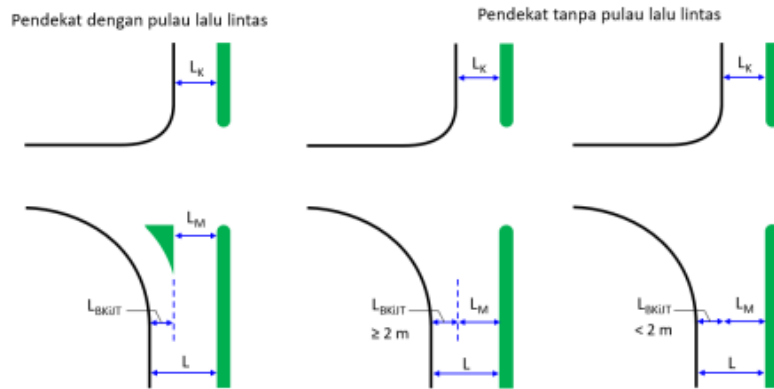
Gambar 2. 3 Penentuan Tipe Pendekat

(Sumber: PKJI 2023)

6. Lebar Pendekat Efektif

Lebar pendekatan awal (L), lebar masuk (L_M), serta lebar keluar (L_K) merupakan tiga parameter yang menentukan lebar pendekatan efektif (L_E). Kondisi berikut harus dipenuhi untuk menghitung (L_M).

- a. Bagi pendekat dengan pulau lalu lintas, arus belok kiri memiliki lebar lajur hingga lebar masuk (L_M) merupakan lebar dari tepi pulau lalu lintas dengan median yang ditunjukkan Gambar 2.4 (kiri).
- b. Jalan yang dilewati arus berbelok mungkin akan terus membentuk jalurnya sendiri untuk pendekatan tanpa pulau lalu lintas, bergantung pada ruang yang dapat diakses oleh kendaraan yang berbelok ke kiri. Apabila L_{BKJT} panjangnya beberapa meter, arus belok kiri dapat membingkai garisnya hingga $L_M = L - L_{BKJT}$ (Gambar 2.4 tengah). Bagaimanapun arus belok kiri bertemu dengan arus lalu lintas lurus jika L_{BKJT} berada di bawah 2 meter (Gambar 2.4 kanan).



Gambar 2. 4 Lebar pendekat dengan dan tanpa pulau lalu lintas
(Sumber: PKJI 2023)

Lebar Efektif (L_E) bisa dihitung memakai ketentuan:

1. Arus kendaraan BK_{iJT} bisa terlebih dahulu melewati antrian kendaraan lurus serta belok kanan saat waktu merah jika $L_{BK_{iJT}}$ lebih dari 2 m atau lajur eksklusif.

Berikut adalah nilai L_E :

Langkah 1 = “Keluarkan arus BK_{iJT} ($q_{BK_{iJT}}$) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah $q = q_{LRS} + q_{BK}$ ”

Tentukan lebar efektif sebagai berikut:

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L - L_{BK_{iJT}} \\ L_M \end{cases}$$

Langkah 2 = “Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika L_K ”

2. Jika $L_{BK_{iJT}} < 2$ m, maka kendaraan BK_{iJT} bisa disebut tak dapat mendahului antrian kendaraan lain selama isyarat merah. L_E dengan ketentuan:

Langkah 1 = “Sertakan $q_{BK_{iJT}}$ pada perhitungan selanjutnya”.

$$L_E = \text{Min} \begin{cases} L \\ L_M + L_{BK_{iJT}} \\ L \times (1 + R_{BK_{iJT}}) - L_{BK_{iJT}} \end{cases}$$

Langkas 2 = “Periksa L_K (bagi pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BK_{iJT}})$, maka $L_E = L_K$,

serta analisis penentuan waktu isyarat bagi pendekat ini dilakukan hanya bagi arus lalu lintas lurus saja”.

8. Arus Jenuh

Arus jenuh ialah perolehan perkalian arus jenuh dasar dengan faktor-faktor koreksi bagi penyimpangan keadaan eksisting atas keadaan ideal. J bisa dihitung dengan :

$$J = J_0 \times F_{HS} \times F_{UK} \times F_G \times F_P \times F_{BK_i} \times F_{BK_a} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

F_{HS} “adalah faktor koreksi J_0 yang disebabkan oleh hambatan samping” (Tabel 2.6).

F_{UK} “adalah faktor koreksi J_0 yang disebabkan oleh ukuran kota” (Tabel 2.5).

F_G “adalah faktor koreksi J_0 akibat kelandaian memanjang pendekat” (Gambar 2.5)

F_P “adalah faktor koreksi J_0 akibat adanya jarak garis henti pada mulut pendekat terhadap kendaraan yang parkir pertama” (Gambar 2.6). F_P “dapat dihitung dari persamaan 2.3 yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau”.

$$F_P = \frac{\left[\frac{LP}{3} - \frac{(L-2) \times (\frac{LP}{3} - W_H)}{L} \right]}{W_H} \dots\dots\dots (2.3)$$

F_{BK_i} “adalah faktor koreksi J_0 yang disebabkan oleh arus lalu lintas yang belok ke kiri (Gambar 2.8), dengan ketentuan tertentu”.

F_{BK_a} “adalah faktor koreksi J_0 yang disebabkan oleh arus lalu lintas yang belok ke kanan (Gambar 2.7), dengan ketentuan tertentu”.

Tabel 2. 5 Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK})

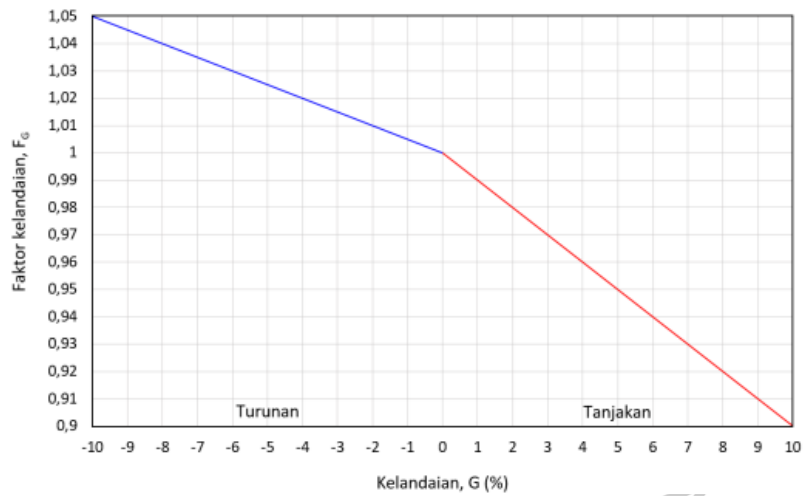
Jumlah penduduk kota(Juta jiwa)	Faktor koreksi ukuran kota (F_{UK})
>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,83
<0,1	0,82

(Sumber: PKJI 2023)

Tabel 2. 6 Faktor koreksi untuk tipe lingkungan, hambatan samping, dan kendaraan tak bermotor (F_{HS})

Tipe lingkungan	Hambatan samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (KOM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
		Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (KIM)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
		Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
		Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
		Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses Terbatas (AT)	Tinggi/ Sedang/ Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
		Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

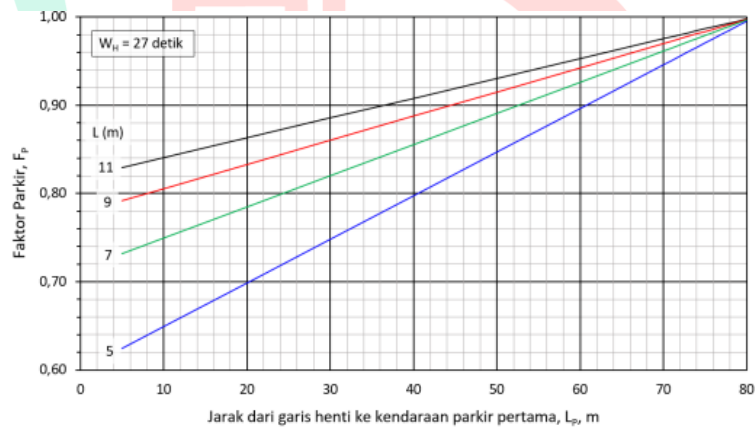
(Sumber: PKJI 2023)



Gambar 2.5 “Faktor koreksi untuk kelandaian (F_G)”

(Sumber: PKJI 2023)

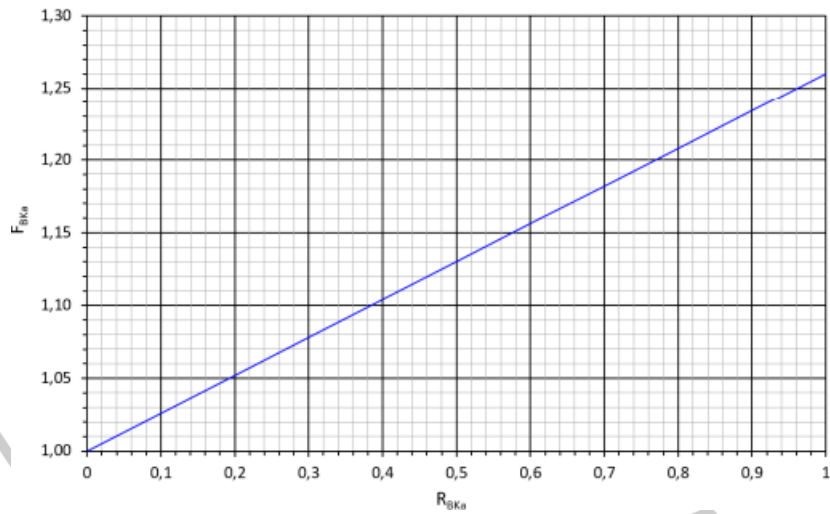
Gambar 2.5 menjelaskan bahwa besarnya faktor kelandaian ditentukan dari kelandaian lengan simpang.



Gambar 2.6 “Faktor koreksi untuk pengaruh parkir (F_P)”

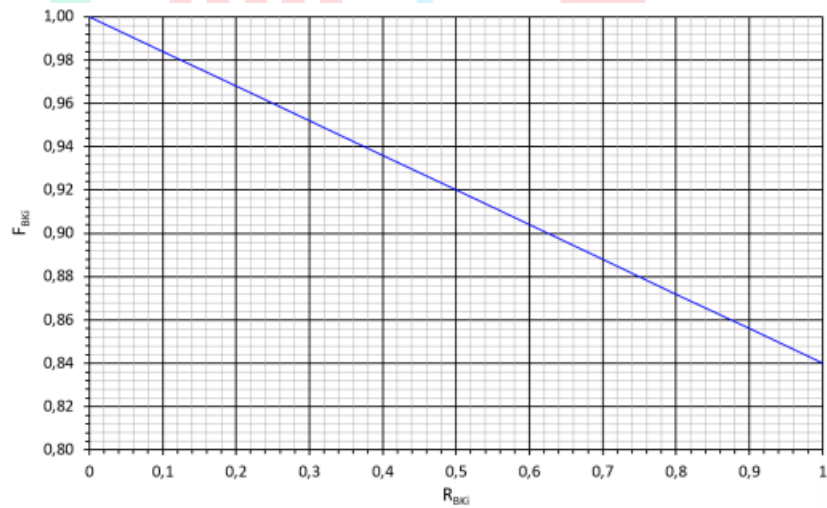
(Sumber: PKJI 2023)

Melalui Gambar 2.6 berguna untuk mencari nilai Faktor koreksi untuk pengaruh parkir F_P .



Gambar 2. 7 “Faktor koreksi untuk belok kanan (F_{BKa}), pada pendekatan tipe P dengan jalan dua arah, dan LE ditentukan oleh LM”
(Sumber: PKJI 2023)

Melalui Gambar 2.7 diketahui bahwa besarnya nilai faktor koreksi ini akan cenderung semakin naik sesuai dengan besarnya rasio arus lalu lintas yang berbelok ke arah kanan.



Gambar 2. 8 “Faktor koreksi untuk belok kiri (F_{BKl}), untuk pendekatan tipe P tanpa BKiJT, dan LE ditentukan oleh LM”
(Sumber: PKJI 2023)

Dari Gambar 2.8 dapat diketahui bahwa semakin tingginya nilai rasio kendaraan belok kiri, maka nilai dari faktor koreksi ini akan semakin menurun.

9. Arus Jenuh Dasar

$$J_0 = 600 \times L_E \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

J_0 “adalah arus jenuh dasar, dalam SMP/jam”

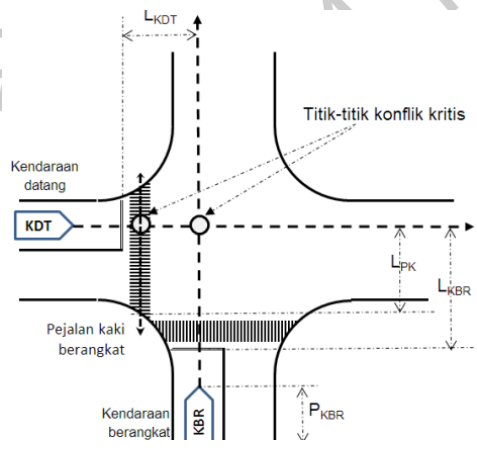
L_E “adalah lebar efektif pendekat, dalam meter”

10. Rasio Arus

$$R_{q/j} = \frac{q}{J} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

11. Waktu Merah Semua dan Waktu Hilang Hijau

Pada akhir setiap fase, W_{MS} dibutuhkan guna mengosongkan area konflik dalam simpang APILL. Saat ini, KBR dapat melewati garis berhenti menuju garis akhir tanda kuning dan meninggalkan titik pertikaian. Tahap selanjutnya kendaraan utama dari pos lain (KDT) melewati garis berhenti menuju awal rambu hijau hingga pertentangan searah menuju jarak jalan L_{KDT} , jarak tersebut merupakan panjang jalur lepas landas (L_{KBR}) di penambahan panjang kendaraan penarikan (P_{KBR}). Dengan demikian, W_{MS} merupakan akibat dari panjang kendaraan yang mundur, kecepatan kendaraan yang berangkat dari garis berhenti menuju setiap lintasan sampai ke titik pertikaian, dan jarak kendaraan yang mundur (P_{KBR}). Pada waktu tempuh pejalan kaki (L_{PK}) lebih lama dari L_{KBR} , L_{PK} menentukan lama perjalanan berangkat. (lihat Gambar 2.9).



Gambar 2. 9 Titik konflik untuk keberangkatan dan kedatangan

(Sumber: PKJI 2023)

Tempat yang menghasilkan W_{MS} tertinggi adalah titik konflik kritis (i). W_{MS} Untuk periode tertinggi dari dua penghitungan waktu lintasan, kendaraan berangkat serta orang yang berjalan kaki mengikuti Persamaan 2.6 digunakan untuk menghitung W_{MS} .

$$W_{MS} = Max \int \frac{\frac{L_{KBR} + P_{KBR}}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}}}{\frac{L_{PK}}{V_{PK}}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

L_{KBR}, L_{KDT}, L_{PK} adalah jarak dalam meter antara titik konflik dan garis henti untuk pejalan kaki, kendaraan datang, dan kendaraan berangkat.

P_{KBR} adalah panjang mobil, dalam meter

V_{KBR}, V_{KDT}, V_{PK} adalah kecepatan dalam meter per detik setiap kendaraan yang meninggalkan lokasi kejadian, setiap kendaraan yang datang, serta setiap pejalan kaki.

Gambar 2.9 menunjukkan kejadian dengan fokus bentrokan dasar yang ditunjukkan pada kendaraan dan pejalan kaki. Keuntungan dari $V_{KBR}, V_{KDT},$ serta P_{KBR} bergantung pada kondisi area terdekat. Kualitas berikut bisa dipakai selaku pilihan bila nilai default tak dapat diakses.

- $V_{KDT},$ = 10 “m/det (kendaraan bermotor)”
- $V_{KBR},$ = 10 “m/det (kendaraan bermotor)”
- 3 “m/det (kendaraan tidak bermotor misalnya sepeda)”
- 1.2 “m/det (pejalan kaki)”
- P_{KBR} = 5 m “(MP atau KS)”
- 2 m “(SM atau KTB)”

Persamaan 2.7 dapat digunakan untuk menghitung total waktu hijau yang hilang (W_{HH}) pada persimpangan APILL bagi tiap siklus setelah selesainya setiap fase. Hal ini dilakukan dengan menjumlahkan semua waktu antar-hijau.

$$W_{HH} = \sum_i (W_{MS} + W_K)i \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

W_{MS} “adalah waktu merah semua, dalam detik”.

W_K “adalah waktu kuning, dalam detik”.

Panjang waktu kuning APILL di kota Indonesia biasanya 3,0 detik. Namun, simpang APILL dengan area geometri lebih luas, panjang waktu ini lebih baik dihitung.

12. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus (s) dan waktu hijau (W_H) membentuk waktu isyarat. Pertama, waktu siklus bagi sistem kendali waktu tetap harus ditentukan. Ini bisa dilaksanakan dengan memakai persamaan Webster (1966), yang dirancang guna meminimalkan tundaan total. Menentukan waktu hijau (W_H) di setiap fase (i) merupakan tahapan selanjutnya. Nilai s dihitung dengan memakai persamaan 2.8 atau Gambar 2.10.

$$S = \frac{(1,5 \times W_H + 5)}{(1 - \sum R_{q/jkritis})} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

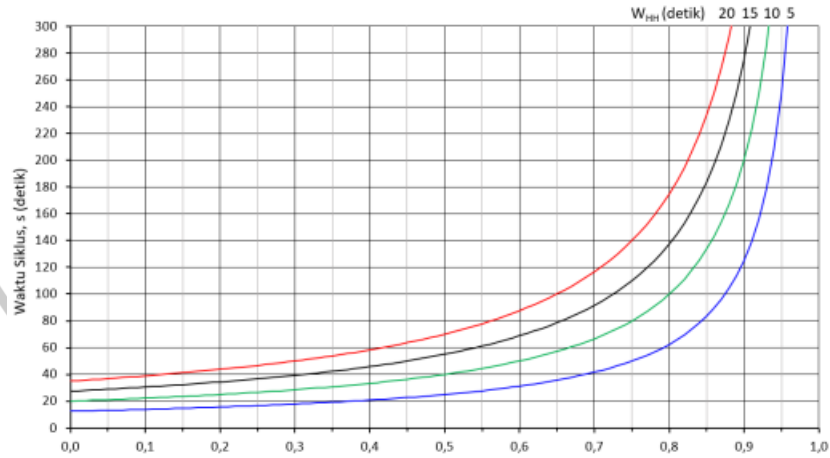
S “adalah waktu siklus, dalam detik”.

W_H “adalah jumlah waktu hijau hilang per siklus, dalam detik”.

$R_{q/j}$ “adalah rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh, q/J ”.

$R_{q/jkritis}$ “adalah pendekatan dengan nilai $R_{q/j}$ tertinggi di antara semua pendekatan yang keluar dalam fase yang sama”.

$\sum R_{q/jkritis}$ “adalah rasio deviasi arus untuk siklus tersebut, yang sama dengan total seluruh $R_{q/jkritis}$ semua fase”.



Gambar 2. 10 “Penetapan waktu siklus sebelum dikoreksi”

(Sumber: PKJI 2023)

W_H ditetapkan menggunakan persamaan.

$$W_{Hi} = (S - W_{HH}) \times \frac{R_{q/jkritis}}{\sum R_{q/jkritis}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

W_{Hi} “adalah waktu hijau pada fase i, detik”.

i “adalah indeks untuk fase ke I”

13. Menghitung Kapasitas

Berikut adalah persamaan menghitung Hitung kapasitas masing-masing pendekat.

$$C = J \times \frac{W_H}{S} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

C “adalah kapasitas Simpang APILL, dalam SMP/jam”.

J “adalah arus jenuh, dalam SMP/jam”.

W_h “adalah total waktu hijau dalam satu siklus, dalam detik”.

S “adalah waktu siklus, dalam detik”.

14. Menghitung Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan, dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$D_J = \frac{q}{C} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

D_J “adalah derajat kejenuhan”.

C “adalah kapasitas segmen jalan, dalam SMP/jam”.

q “adalah volume lalu lintas, dalam SMP/jam, yang dalam analisis kapasitas terdiri dari dua jenis, yaitu $q_{eksisting}$ hasil perhitungan lalu lintas dan q_{JP} hasil prediksi atau hasil perancangan”

15. Menghitung Panjang Antrian

Rata-rata jumlah kendaraan yang mengantri satu mobil penumpang (SMP) pada awal sinyal lampu hijau (N_q) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut, yaitu jumlah kendaraan yang berhenti (SMP) pada fase hijau sebelumnya (N_{q1}) dan jumlah SMP yang datang dan berhenti dalam antrian pada fase merah (N_{q2}).

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \dots\dots\dots (2.12)$$

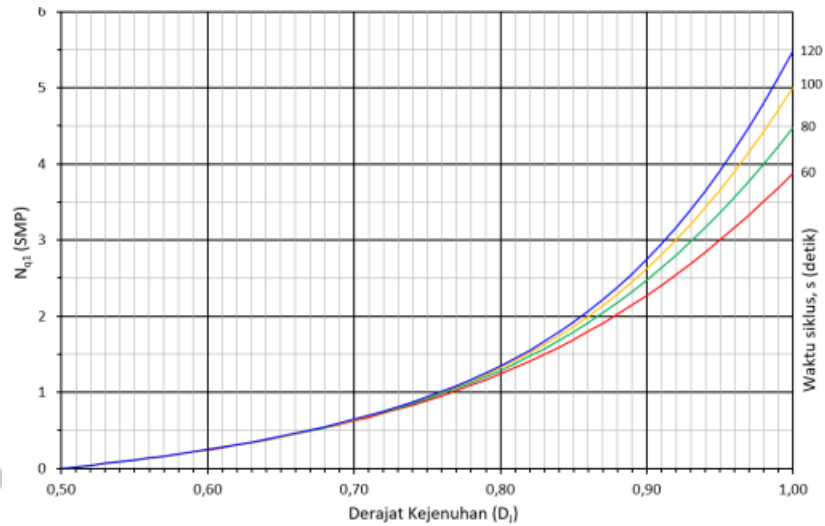
“Jika $D_J \leq 0,5$ maka $N_{q1} = 0$ ”

Jika $D_J \geq 0,5$ maka

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left\{ (D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right\} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1 - R_H)}{(1 - R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600} \dots\dots\dots (2.14)$$

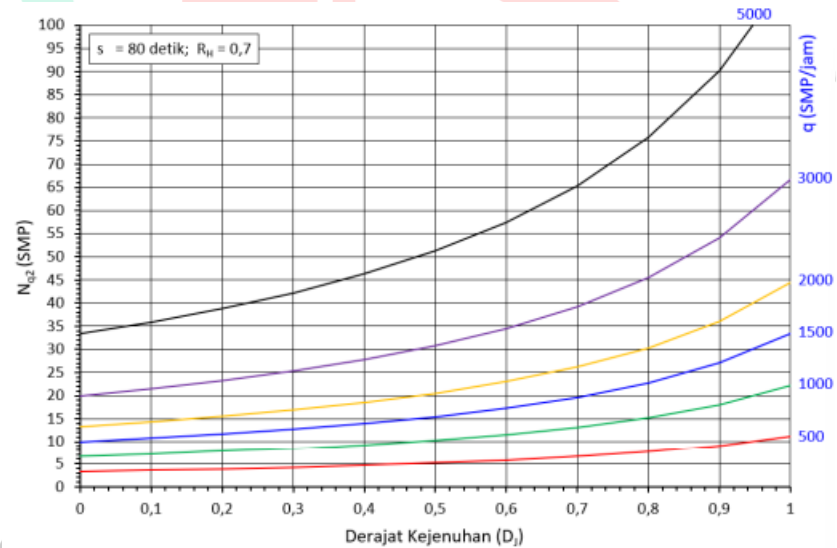
Selain itu, diagram pada Gambar 2.11 dan Gambar 2.12 dapat digunakan untuk mendapatkan nilai N_{q1} dan N_{q2} .



Gambar 2. 11 “Jumlah kendaraan tersisa (SMP) dari sisa fase sebelumnya”

(Sumber: PKJI 2023)

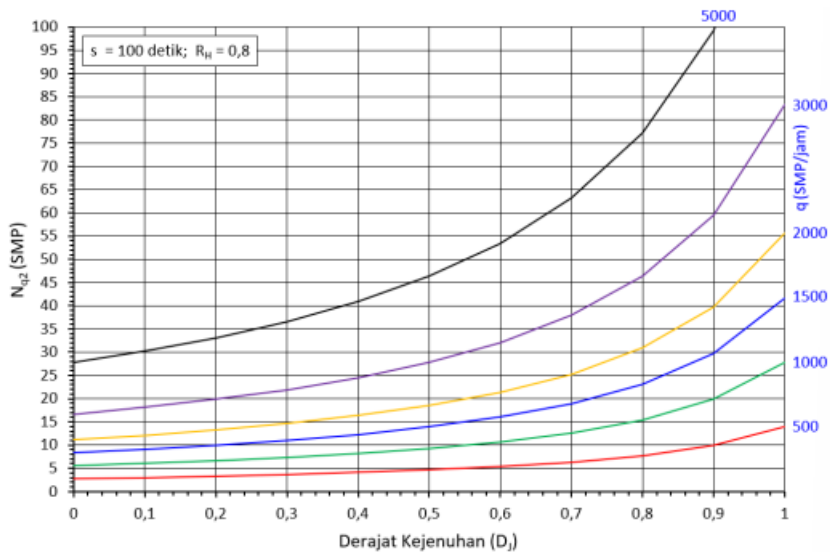
Gambar 2.11 “digunakan untuk mencari nilai Jumlah kendaraan tersisa (SMP) dari sisa fase sebelumnya”.



Gambar 2. 12(a) “Jumlah kendaraan yang datang kemudian antri pada fase merah”

(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 2.12 “digunakan untuk mencari nilai Jumlah kendaraan yang datang kemudian antri pada fase merah”.



Gambar 2. 13(b) “Jumlah kendaraan yang datang kemudian antri pada fase merah”

(Sumber: PKJI 2023)

P_A didapat dari perkalian N_q (SMP) dengan luas wilayah yang dimanfaatkan satu kendaraan (SMP) yakni 20 m², dipartisi dengan lebar bagian (m), seperti pada Kondisi 2.15.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \dots\dots\dots (2.15)$$

16. Menghitung Jumlah Kendaraan Terhenti

Persamaan 2.16 atau Gambar 2.14 dapat digunakan untuk menghitung RKH. RKH adalah perbandingan jumlah kendaraan pada suatu jalur yang harus berhenti karena rambu merah sebelum melewati simpang APILL hingga berapa arus pada tahapan pada jalur tersebut.

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q-s} \times 3600 \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

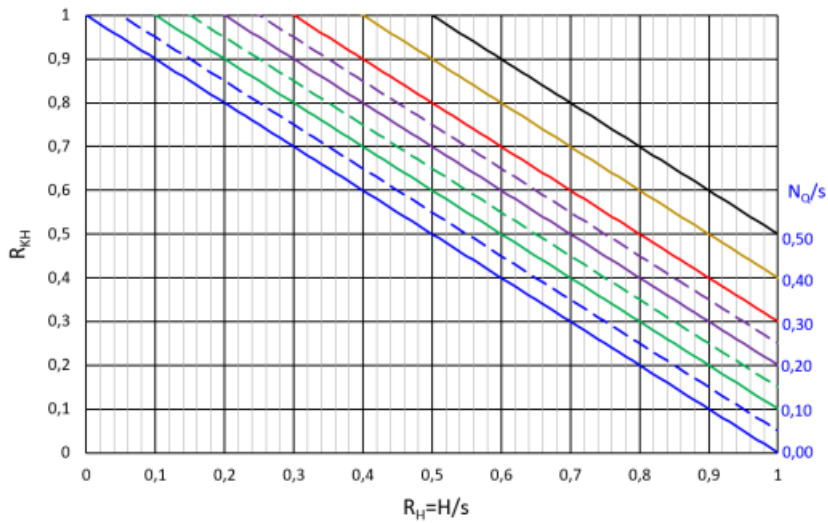
N_q “adalah rata-rata jumlah mobil yang mengantri (SMP) pada saat lampu hijau pertama kali muncul”.

s “adalah waktu siklus, dalam detik”

q “adalah arus masuk dari pendekat yang ditinjau, diukur dalam SMP/jam”.

Persamaan 2.17 digunakan untuk menghitung rata-rata jumlah berhenti kendaraan atau NKH, yaitu rerata jumlah berhenti per kendaraan sebelum melewati simpang APILL.

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \dots\dots\dots (2.17)$$



Gambar 2. 14 “Penentuan rasio kendaraan terhenti, R_{KH} ”
(Sumber: PKJI 2023)

Gambar 2.14 dipergunakan untuk mencari nilai Penentuan rasio kendaraan terhenti, R_{KH} .

17. Mengitung Tundaan

Tundaan lalu lintas (T_{LL}) dan tundaan geometrik (T_G) merupakan dua (dua) penyebab tundaan pada suatu simpang APILL. Persamaan 2.18 digunakan untuk mendapatkan tundaan rata-rata pendekatan i.

$$T = T_{LL} + T_G \dots\dots\dots (2.18)$$

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekat i dapat ditentukan dari persamaan 2.19.

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_j)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{c} \dots\dots\dots (2.19)$$

Tundaan geometri rata-rata pada suatu pendekat i dapat diperkirakan menggunakan persamaan 2.20.

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

P_B adalah porsi kendaraan membelok pada suatu pendekat.

2.1.8 Software PTV Vissim

Perangkat ini merupakan perangkat rekreasi lalu lintas yang sangat ditujukan bagi siswa yang terlibat dalam pengajaran dan persiapan. Pemrograman PTV Vissim *Student* Versi 8 cocok untuk berkonsentrasi pada hipotesis transportasi, membuat model pemeragaan yang kompleks, dan mensurvei pilihan transportasi elektif. Ini dimungkinkan oleh lingkungan simulasi yang interaktif dan ramah pengguna yang memungkinkan pemodelan dan analisis arus lalu lintas di jalan raya, jalan tol, juga sistem transportasi lain (Prima J. Romadhona, 2019).

2.1.9 Software Microsoft Excel

Ini ialah program untuk lembar kerja spreadsheet dengan kemampuan perhitungan serta pembuatan grafik yang kuat. Ia juga dapat memproses data secara otomatis, melakukan perhitungan sederhana, memanfaatkan fungsi, dan mengelola data (Supriyanto, 2017). Program ini membantu dalam mengelola data volume lalu lintas.

2.2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul Peneliti	Hasil Peneliti
1	“Mohamad Risky Ibrahim, Yuliyanti Kadir dan Frice L. Desei”	“Analisis Kinerja Bersinyal Menggunakan Software Vissim Pada Perpotongan Jalan, Prof Dr, H B Jassin, Dan Jalan, Jenderal Sudirman”	“Hasil mikrosimulasi menggunakan software Vissim kinerja lalu lintas dihari kerja dengan panjang antrian terbesar adalah senilai 38,55 m pada pendekat Jalan Jenderal Sudirman, dan konsumsi bahan bakar rata-rata sebesar 0,46 liter, dengan nilai tundaan terbesar sebesar 16,96 detik/kend. Level of

No	Peneliti	Judul Peneliti	Hasil Peneliti
			Service dengan tingkat layanan LOS_B dan nilai rata-rata 12,15 detik/kend. Pada hari libur, jalur terpanjang di pendekat Jalan Jenderal Sudirman sepanjang 47,22 meter, tundaan terbesar 16,00 detik per ujung, dan rata-rata”.
2	“Dwight Timothie, Audie L. E. Rumayar dan Meike M. Kumaat”.	“Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Software PTV VISSIM (Studi Kasus: Simpang Jalan 17 Agustus – Jalan Babe Palar, Kota Manado)”	“Hasil kinerja simpang bersinyal Jalan 17 Agustus – Jalan Babe Palar pada jam puncak atau kondisi eksisting di hari selasa menggunakan PTV Vissim mencapai tingkat pelayanan D, panjang antrian 25,84 m, tundaan 39,21 detik/akhir, dan tingkat penghentian 1,19. Berdasarkan seluruh hasil parameter kinerja simpang, jalur pergerakan analisis dari jalan pendekatan Maengket merupakan yang kondisinya paling buruk”.
3	“Gary Raya Prima, Nina Herlina dan Imam Zainil Arif”.	“Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Menggunakan Ptv Vissim (Studi Kasus Simpang Sabeulah Kota Tasikmalaya)”	“Pemodelan software PTV Vissim menghasilkan hasil sebagai berikut untuk situasi saat ini: tingkat pelayanan (<i>Level of Service</i>) = C atau sedang, panjang antrian (<i>Q_{len}</i>) = 18,78 meter, dan tundaan (<i>VehDelay</i>) = 30,82 detik/kendaraan. Alternatif-alternatif direncanakan untuk meningkatkan kinerja simpang karena hasil yang diperoleh pada kondisi saat ini dirasa kurang memuaskan. Secara khusus, alternatif 1 melibatkan perancangan ulang waktu siklus, dan alternatif 2 melibatkan perancangan ulang fase sinyal lalu lintas sesuai dengan pemodelan PTV Vissim”.

No	Peneliti	Judul Peneliti	Hasil Peneliti
4	“Juan Nicholas Aldo, Budi Yulianto dan Setiono”	“Analisis Kinerja Simpang Bersinyal Pasar Pon Menggunakan Program Simulasi Ptv Vissim”	“Berdasarkan pemodelan dan analisis yang dilakukan, jelas bahwa sistem Optimasi Sinyal meningkatkan kinerja simpang bersinyal Pasar Pon secara signifikan, terutama jika tundaan dan panjang antrian juga diperhitungkan. Sementara itu, dibandingkan dengan kondisi saat ini dan skenario optimalisasi persimpangan, sistem fase tambahan pejalan kaki memberikan penurunan kinerja yang signifikan karena penambahan waktu fase, sehingga mengakibatkan peningkatan tajam pada panjang antrian, waktu tempuh, dan penundaan”.
5	“Trinoko Lutfi Saputro, Arum Prastiyo Putri, Alnovia Suryaningsih, Zia Sakinah Putri dan Muhammad Salahuddin”	“Kajian Simpang Tiga Tak Bersinyal Kariangau KM. 5,5 Kelurahan Karang Joang Utara Balikpapan Menggunakan Permodelan Vissim menjadi Simpang Bersinyal”	“Temuan penelitian mengenai simpang Kariangau ini diperoleh dari analisis berdasarkan pedoman MKJI tahun 1997. Hasil tersebut antara lain nilai rata-rata arus lalu lintas (Q) sebesar 5.096 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) sebesar 2.279, tundaan simpang sebesar 1.062 detik/smp, dan peluang antrian sebesar 252-649%. Derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,756 atau turun menjadi 67%, dan nilai Q dapat diturunkan menjadi 1,248 smp/jam dengan memasang simpang bersinyal di simpang Kariangau”.