

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transportasi

Transportasi merupakan salah satu unsur terpenting dalam perkembangan suatu negara, dimana perkembangan transportasi sangat mendorong kegiatan perekonomian dan pembangunan di suatu daerah maupun negara tersebut. Selain itu, transportasi juga merupakan sarana yang berperan dalam kehidupan masyarakat, baik untuk keberlangsungan aktivitas antar masyarakat maupun memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Dengan adanya aktivitas atau kegiatan masyarakat dibutuhkan sarana penunjangnya yaitu layanan transportasi atau jaringan transportasi (Fatimah, 2019.).

Semakin tingginya penggunaan transportasi disebabkan oleh meluasnya cakupan bidang kegiatan transportasi diantaranya yaitu, ekonomi, sosial, budaya, dan politik. Terdapat tiga jenis moda yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pelayanan transportasi yaitu moda darat, laut dan udara (Cahyanti et al., 2022) .

2.2 Jalan

Satu tempat dengan tempat lainnya dalam satu daratan dihubungkan dengan suatu akses yang disebut jalan. Dalam Pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, dijelaskan bahwa jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur penting dalam pengembangan kehidupan berbangsa dan bernegara, dalam pembinaan persatuan dan kesatuan bangsa, wilayah negara, dan fungsi masyarakat serta dalam memajukan kesejahteraan umum.

Selain itu, dalam UU No. 38 tahun 2004 tentang jalan, ditetapkan bahwa pengertian jalan adalah suatu prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Menurut UU No. 38 tahun 2004 Pasal 6, jalan sesuai dengan peruntukkannya terdiri atas jalan khusus dan umum. Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri. Sedangkan jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum.

2.2.1 Jalan Menurut Sistem Jaringan

Berdasarkan UU No. 38 tahun 2004 Pasal 7, sistem jaringan jalan dibagi menjadi 2 yaitu:

- a. Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.

- b. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

2.2.2 Jalan Menurut Fungsi

Berdasarkan UU No. 38 tahun 2004 Pasal 8, fungsi jalan dibagi menjadi 4 yaitu:

- a. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- b. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- d. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.2.3 Jalan Menurut Status

Berdasarkan UU No. 38 tahun 2004 Pasal 9, status jalan dibagi menjadi 5 yaitu:

- a. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
- b. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
- c. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder di wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada di dalam kota.
- e. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.2.4 Jalan Menurut Kelas

Berdasarkan UU No. 22 tahun 2009 Pasal 19, kelas jalan dibagi menjadi 4 yaitu:

- a. Jalan kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 ton.
- b. Jalan kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan

- muatan sumbu terberat 8 ton.
- c. Jalan kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 ton.
 - d. Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 ton.

2.2.5 Bagian-Bagian Jalan

Berdasarkan UU No. 38 tahun 2004 Pasal 11, bagian-bagian jalan dibagi menjadi 3 yaitu:

- a. Ruang manfaat jalan meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya.
- b. Ruang milik jalan meliputi ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan.
- c. Ruang pengawasan meliputi ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan.

2.2.6 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan menurut Metode Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, adalah suatu pengukuran kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional dalam suatu aliran lalu lintas, dan persepsinya oleh pengendara atau penumpang. Pada umumnya, tingkat pelayanan menjelaskan suatu kondisi yang dipengaruhi oleh kecepatan, waktu perjalanan, kebebasan untuk bergerak, gangguan lalu lintas, kenyamanan, kenikmatan dan keamanan.

Sedangkan menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 tahun 2015 tingkat pelayanan bertujuan untuk menetapkan tingkat pelayanan pada suatu ruas jalan dan/atau persimpangan. Tingkat pelayanan harus memenuhi indikator sebagai berikut:

1. Rasio antar volume dan kapasitas jalan.
2. Kecepatan merupakan kecepatan batas atas dan kecepatan batas bawah yang ditetapkan berdasarkan kondisi daerah.
3. Waktu perjalanan.
4. Kebebasan bergerak.
5. Keamanan.
6. Keselamatan.
7. Ketertiban.
8. Kelancaran.
9. Penilaian pengemudi terhadap kondisi arus lalu lintas.

2.3 Sistem Transportasi

Sistem transportasi adalah suatu bentuk keterkaitan dan keterikatan antara penumpang atau barang, prasarana dan sarana transportasi yang berinteraksi dalam rangkaian perpindahan penumpang atau barang yang tercakup dalam suatu tatanan baik secara alami maupun rekayasa (buatan). Sistem transportasi bertujuan untuk mengoptimalkan proses transportai penumpang dan barang dalam ruang dan waktu

tertentu, dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti keamanan, kenyamanan, keselamatan, kelancaran, serta efisiensi waktu dan biaya. Sistem transportasi secara menyeluruh (makro) dapat dipecahkan menjadi beberapa subsistem (mikro) halmana masing-masing sistem mikro tersebut akan saling terkait dan saling mempengaruhi.

- Sistem mikro tersebut adalah sebagai berikut (Tamin, 1994):
- Sistem Kegiatan (Transport Demand).
- Sistem Jaringan (Prasarana Transportasi/Transport Supply)
- Sistem Pergerakan (Lalu Lintas/Traffic).
- Sistem Kelembagaan

2.3.1 Sistem Kegiatan (Transport Demand)

Sistem kegiatan terkait dengan tata guna lahan yang meliputi: permukiman pusat Pendidikan, perbelanjaan, perkantoran dan lain-lain. Masing-masing tata guna lahan tersebut, akan menghasilkan pola kegiatan berupa pergerakan orang maupun barang. Besarnya pergerakan yang terjadi dipengaruhi oleh jenis kegiatan.

2.3.2 Sistem Jaringan (Prasarana Transportasi/Transport Supply)

Pergerakan manusia atau barang memerlukan sarana atau prasarana transportasi. Perangkat keras (hardware) sebagian sarana transportasi yang diperlukan adalah jaringan jalan yang telah ditetapkan pada masing-masing ruas jalan antara lain: bahu jalan, lebar jalan, tempat parkir, trotoar, tempat penyebrangan, halte, dan terminal angkutan umum. Sedangkan perangkat lunak (software) sebagai sarana yang diperlukan adalah undang-undang dan peraturan lalu lintas yang terkait dengan lalu lintas. Keberadaan sarana transportasi didukung oleh adanya moda transportasi berupa kendaraan roda dua, roda empat, bus, dan armada angkutan umum. Perangkat penunjang lainnya adalah median, lampu lalu lintas, marka serta rambu jalan.

2.3.3 Sistem Pergerakan (Lalu Lintas/Traffic)

Interaksi antara sistem kegiatan dan sistem jaringan akan menghasilkan pergerakan. Pergerakan tersebut dapat berupa pergerakan manusia maupun barang dalam bentuk pergerakan pejalan kaki maupun kendaraan. Sistem pergerakan mempengaruhi sistem kegiatan dan jaringan yang ada dalam bentuk aksesibilitas dan mobilitas.

Sistem Kegiatan mempunyai tipe kegiatan tertentu yang akan membangkitkan pergerakan (traffic production) dan akan menarik pergerakan (traffic attraction). Sistem tersebut merupakan suatu sistem pola kegiatan tata guna lahan yang terdiri dari sistem pola kegiatan sosial, ekonomi, kebudayaan, dan lain-lain. Kegiatan yang timbul dalam sistem ini membutuhkan adanya pergerakan sebagai alat pemenuhan kebutuhan yang perlu dilakukan setiap harinya yang tidak dapat dipenuhi oleh tata guna tanah tersebut. Besarnya pergerakan yang ditimbulkan tersebut sangat berkaitan erat dengan jenis dan intensitas kegiatan yang dilakukan (Tamin, 2000). Pergerakan tersebut baik berupa pergerakan manusia dan barang jelas membutuhkan suatu moda transportasi (sarana) dan media (prasarana) tempat moda transportasi tersebut dapat bergerak. Prasarana transportasi yang diperlukan tersebut merupakan sistem mikro yang kedua yang biasa dikenal dengan Sistem Jaringan yang meliputi jaringan jalan raya, kereta api, terminal

bus dan kereta api, bandara, dan pelabuhan laut (Tamin, 2000). Interaksi antara Sistem Kegiatan dan Sistem Jaringan ini akan menghasilkan suatu pergerakan manusia dan/atau barang dalam bentuk pergerakan kendaraan dan/atau orang (pejalan kaki). Suatu Sistem Pergerakan yang aman, cepat, nyaman, murah, dan sesuai dengan lingkungannya akan dapat tercipta jika pergerakan tersebut diatur oleh suatu sistem rekayasa dan manajemen lalu-lintas yang baik. Sistem Kegiatan, Sistem Jaringan, dan Sistem Pergerakan akan saling mempengaruhi satu dengan lainnya.

2.4 Rekayasa Lalu Lintas

Menurut Blunden (1981), rekayasa lalu lintas adalah ilmu yang mempelajari tentang pengukuran lalu lintas dan perjalanan, studi hukum dasar yang terkait dengan arus lalu lintas dan bangkitan, serta penerapan ilmu pengetahuan professional praktis tentang perencanaan. Rekayasa lalu lintas juga dapat diartikan sesuatu penanganan yang berkaitan dengan perencanaan, perancangan geometrik dan operasi lalu lintas jalan raya serta jaringannya, terminal, penggunaan lahan serta keterkaitannya dengan mode transportasi lain Homburger dan Kell (1981).

Tujuan dari rekayasa lalu lintas adalah untuk mendapatkan atau memberikan kondisi lalu lintas yang selancar dan seaman mungkin tanpa biaya yang besar bagi pergerakan manusia, barang dan jasa dengan kondisi geometrik/jaringan dan lalu lintas yang ada melalui sistem pengaturan, penataan dan regulasi.

2.5 Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik per satuan waktu pada lokasi tertentu. Dalam mengukur jumlah arus lalu lintas, biasanya dinyatakan dalam kendaraan per hari, smp per jam, dan kendaraan per menit PKJI (2023).

Volume adalah jumlah kendaraan yang melalui satu titik yang tetap pada jalan dalam satuan waktu. Volume lalu lintas dapat dihitung dengan menggunakan rumus PKJI (2023) berikut:

$$V = \frac{n}{t} \quad (2.1)$$

Keterangan :

V = Volume lalu lintas yang melalui satu titik

n = Jumlah kendaraan yang melalui titik itu dalam interval waktu pengamatan

t = Waktu Pengamatan

2.5 Pengertian Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu-lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan atau air, serta di atas permukaan air, kecuali kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (UU. Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan). Menurut MKJI (1997) pengertian jalan

meliputi badan jalan, trotoar, drainase dan seluruh perlengkapan jalan yang terkait, seperti rambu-rambu lalu lintas, lampu penerangan, marka jalan, dan lain-lain.

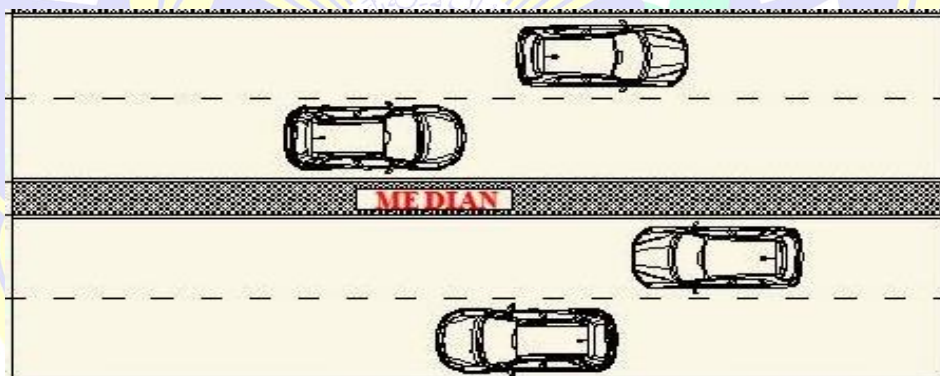
2.5.1 Tipe Jalan

Berbagai tipe jalan akan menunjukkan kinerja yang berbeda pada pembebanan lalu lintas tertentu, tipe jalan ditunjukkan dengan potongan melintang jalan yang ditunjukkan oleh jumlah lajur dan arah pada setiap segmen jalan MKJI (1997). Untuk jalan tak terbagi, analisa dilakukan pada kedua arah lalu-lintas. Untuk jalan terbagi, Analisa dilakukan terpisah pada masing-masing arah lalu lintas, seolah-olah masing-masing arah merupakan jalan.satu arah yang terpisah.

Tipe jalan untuk jalan perkotaan yang digunakan dalam MKJI 1997 di bagi menjadi 4 bagian antara lain :

3. Jalan dua jalur dua arah tak terbagi (2/2 UD)
4. Jalan empat lajur dua arah
 - Tak terbagi (yaitu tanpa median) (4/2 UD)
 - Terbagi (yaitu dengan median) (4/2 D)
5. Jalan enam lajur dua arah terbagi (6/2 D)
6. Jalan satu arah (1-3/1)

Jalan yang akan dijadikan lokasi penelitian yaitu jalan dengan tipe 4/2 D atau jalan empat lajur dua arah terbagi (dengan median).



Gambar 2. 1 Jalan Empat lajur Dua Arah Terbagi (4/2D)

Sumber: Google (2024)

2.5.2 Kinerja Ruas Jalan

Kinerja ruas jalan adalah ukuran kuantitatif yang fungsi utama dari suatu jalan adalah memberikan pelayanan transportasi sehingga pemakai jalan dapat berkendara dengan aman dan nyaman. Parameter arus lalu lintas yang merupakan faktor penting dalam perencanaan lalu lintas adalah volume lalu lintas, kecepatan arus bebas, kapasitas, derajat kejenuhan dan kecepatan tempuh.

2.5.3 Variabel

Penentuan variabel penelitian merupakan salah satu tahap yang penting dan tidak bisa ditinggalkan, bahkan harus dilakukan secara tepat dalam kegiatan penelitian. Jika

peneliti salah dalam menentukan variabel penelitiannya, maka kesalahan ini akan berlanjut dalam penggunaan teori, dan begitu pula akan terjadi kesalahan dalam mendefinisikan secara operasional. Kesalahan beruntun juga terlihat dalam penyusunan instrumen, dan tentu saja dalam mencari (mengumpulkan) data serta penganalisaan, selanjutnya juga berdampak pada kesimpulan penelitiannya. Berikut variabel yang digunakan dalam pedoman MKJI (1997)

1. Arus dan komposisi lalu-lintas
2. Kecepatan arus bebas
3. Kapasitas
4. Derajat Kejenuhan
5. Kecepatan
6. Perilaku lalu-lintas

2.6 Hambatan Samping

Menurut MKJI (1997), hambatan samping adalah dampak terhadap kinerja lalu lintas akibat kegiatan di samping/sisi jalan. Selain itu hambatan samping juga dapat diartikan sebagai aktivitas samping jalan yang dapat menimbulkan konflik dan berpengaruh terhadap pergerakan arus lalu lintas serta menurunkan fungsi kinerja jalan terutama pada kapasitas jalan dan kecepatan lalu lintas jalan perkotaan PKJI (2014). Jenis-jenis hambatan samping antara lain:

1. Pejalan kaki dan penyebrang jalan.
2. Angutan umum dan kendaraan lain yang berhenti dan parkir.
3. Kendaraan masuk dan keluar dari lokasi di pinggir jalan.
4. Kendaraan lambat, yaitu kendaraan yang digerakkan oleh tenaga manusia atau hewan seperti sepeda, becak, delman, traktor dan sebagainya.
5. Pedagang kaki lima.

2.7 Simpang

Menurut Peraturan Pemerintah No. 43 Tahun 1993, persimpangan adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang. Termasuk dalam pengertian persimpangan yaitu pertigaan (simpang tiga), perempatan (simpang empat), perlimaan (simpang lima), persimpangan bentuk bundaran dan persimpangan tidak sebidang, namun tidak termasuk dengan persilangan sebidang rel kereta api. Berdasarkan pengaturannya persimpangan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

2.7.1 Simpang Tak Bersinyal

Simpang tak bersinyal adalah salah satu jenis persimpangan yang merupakan pertemuan dua atau lebih ruas jalan sebidang dan tidak diatur oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL).

2.7.2 Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal biasanya memerlukan metode dan perangkat lunak khusus dalam analisisnya. Simpang bersinyal merupakan bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai dan dilengkapi oleh Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL) untuk pengaturan lalu lintasnya. APILL adalah alat yang mengatur arus lalu lintas dengan

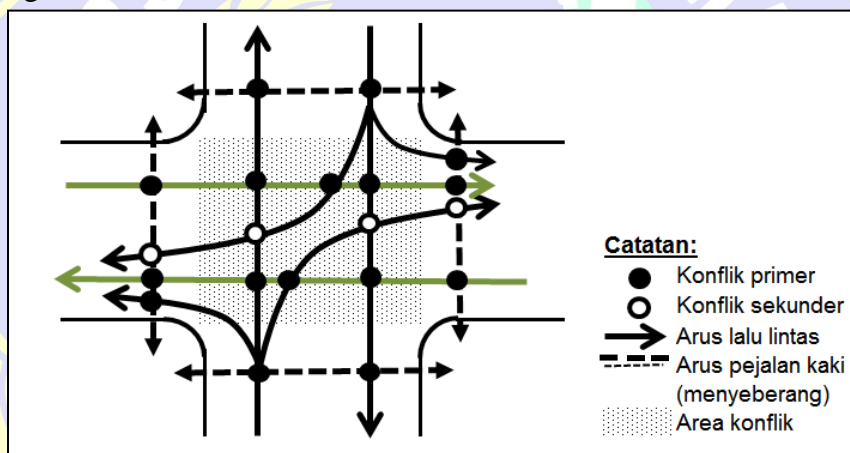
menggunakan 3 isyarat lampu yang sudah ditetapkan, yaitu merah, kuning dan hijau. Tujuan digunakannya APILL, yaitu:

- Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga dapat mempertahankan kapasitas simpang pada jam puncak volume kendaraan.
- Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) saat memotong jalan utama.
- Untuk mengurangi terjadinya kecelakaan akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang berlawanan.

2.8 Karakteristik Lalu Lintas Simpang APILL

2.8.1 Konflik Lalu Lintas

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (merah, kuning, dan hijau) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Konflik primer merupakan keperluan mutlak untuk gerakan lalu lintas dari jalan yang saling berpotongan. Sedangkan konflik sekunder merupakan sinyal yang dapat digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang.

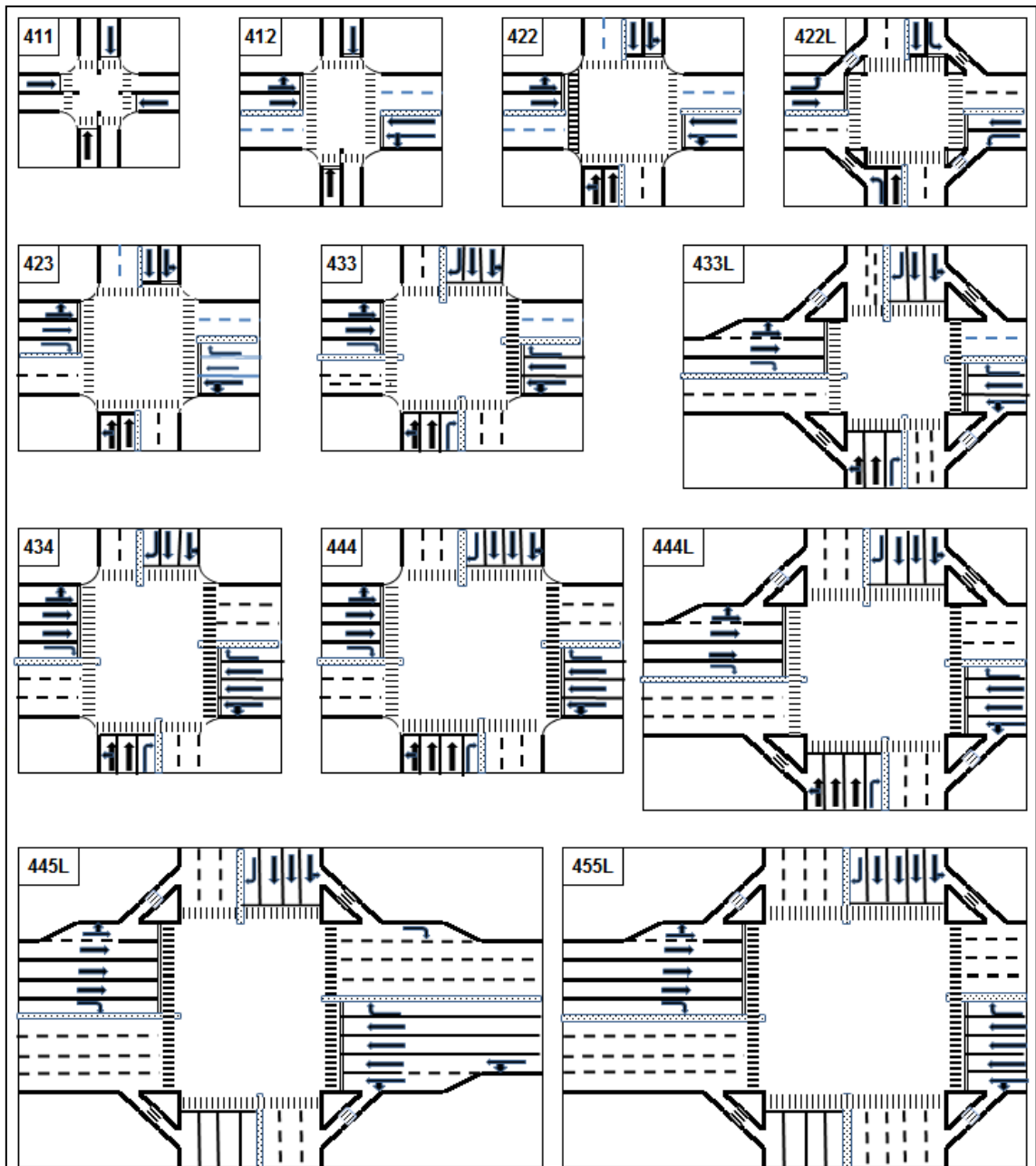


Gambar 2. 2 Konflik Primer dan Sekunder Pada Simpang Empat Lengan

Sumber: PKJI 2023

2.8.2 Tipikal Simpang APILL

Berdasarkan PKJI 2023 semua tipikal simpang dianggap mempunyai kereb dan trotoar yang cukup guna ditempatkan pada daerah perkotaan dengan hambatan samping sedang seperti gambar 2.2. Pada tipikal simpang, semua gerakan membelok dianggap diperbolehkan dan beberapa gerakan membelok adalah gerakan yang terus menerus.



Gambar 2. 3 Tipikal Geometri Simpang 4

Sumber: PKJI 2023

Tabel 2. 1 Definisi Tipikal Simpang APILL

Kode Jenis	Pendekat Jalan Mayor			Pendekat Jalan Minor			Jenis Fase	
	Jumlah Lajur	Median	BKijT	Jumlah Lajur	Median	BKijT	BK _i /BK _a (%)	
							10/10	25/25
411	1	Tanpa	Tanpa	1	Tanpa	Tanpa	42	42
412	2	Ada	Tanpa	1	Tanpa	Tanpa	42	42
422	2	Ada	Tanpa	2	Ada	Tanpa	42	42
422L	2	Ada	Ada	2	Ada	Ada	42	42
423	3	Ada	Tanpa	2	Ada	Tanpa	43A	43C
433	3	Ada	Tanpa	3	Ada	Tanpa	44C	44B
433L	3	Ada	Ada	3	Ada	Ada	44A	44B
434	4	Ada	Tanpa	3	Ada	Tanpa	44C	44B
444	4	Ada	Tanpa	4	Ada	Tanpa	44C	44B
444L	4	Ada	Ada	4	Ada	Ada	44C	44B
445L	5	Ada	Ada	4	Ada	Ada	44C	44B
455L	5	Ada	Ada	5	Ada	Ada	44C	44B
311	1	Tanpa	Tanpa	1	Tanpa	Tanpa	32	32
312	2	Ada	Tanpa	1	Tanpa	Tanpa	32	32
322	2	Ada	Tanpa	2	Ada	Tanpa	32	32
323	3	Ada	Ada	2	Ada	Ada	33	33
333	3	Ada	Tanpa	3	Ada	Tanpa	33	33
333L	3	Ada	Ada	3	Ada	Ada	33	33

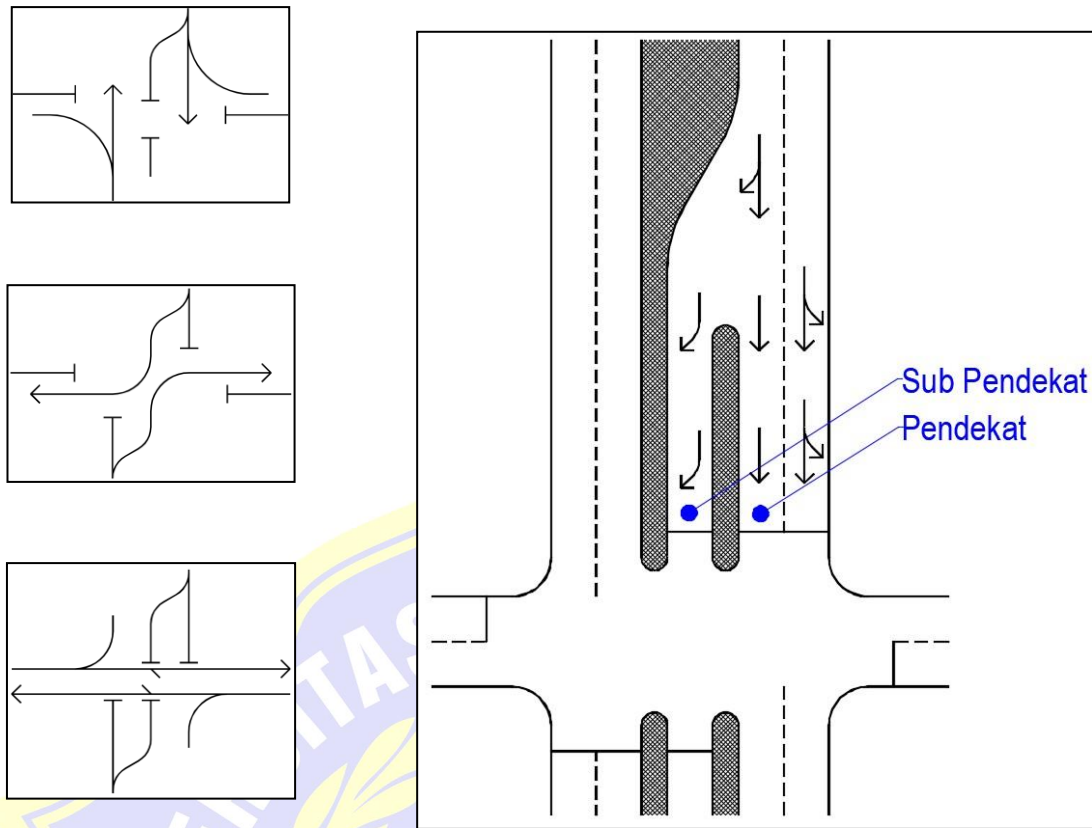
Sumber: PKJI 2023

2.9 Data Masukan

2.9.1 Kondisi Geometrik

Kondisi geometrik dikerjakan secara terpisah untuk setiap pendekat. Satu lengan simpang dapat terdiri lebih dari satu pendekat, yaitu dipisahkan menjadi dua atau lebih sub-pendekat. Hal ini terjadi jika gerakan belok kanan dan /atau belok kiri mendapat sinyal hijau pada fase yang berlainan dengan lalu lintas lurus, atau jika dipisahkan secara fisik dengan pulau-pulau lalu lintas dalam pendekat.

Untuk masing-masing pendekat atau sub-pendekat lebar efektif (L_e) ditetapkan dengan mempertimbangkan denah dari bagian masuk dan ke luar suatu simpang serta distribusi gerakan-gerakan membelok.



Gambar 2. 4 Pendekat dan Sub Pendekat

Sumber: PKJI 2023

2.9.2 Kondisi Arus Lalu Lintas

Perhitungan kondisi arus lalu lintas dilakukan per satuan jam untuk satu atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang dan sore.

Arus lalu lintas (q) untuk setiap gerakan (q_{BK_i} , lurus, dan q_{BK_a}) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekat terlindung dan terlawan:

Tabel 2. 2 Ekivalen Kendaraan Penumpang

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Mobil Penumpang (MP)	1,00	1,00
Kendaraan Sedang (KS)	1,30	1,30
Sepeda Motor (SM)	0,15	0,40

Sumber: PKJI 2023

Untuk menghitung arus dapat menggunakan persamaan (2-1) berikut:

$$q = q_{MP} + (q_{KS} \times emp_{KS}) + (q_{SM} \times emp_{SM}) \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan:

q = Arus lalu lintas (smp/jam)

q_{MP} = Arus kendaraan ringan (kendaraan /jam)

q_{KS} = Arus kendaraan sedang (kendaraan /jam)
 q_{SM} = Arus sepeda motor (kendaraan /jam)
 emp_{KS} = Emp kendaraan sedang
 emp_{SM} = Emp sepeda motor

Perhitungan rasio belok kiri (R_{BK_i}) dan rasio belok kanan (R_{BK_a}) menggunakan persamaan berikut:

$$R_{BK_i} = \frac{q_{BK_i} \text{ (smp/jam)}}{q_{Total} \text{ (smp/jam)}} \dots\dots\dots (2-2)$$

$$R_{BK_a} = \frac{q_{BK_a} \text{ (smp/jam)}}{q_{Total} \text{ (smp/jam)}} \dots\dots\dots (2-3)$$

Keterangan:

q_{BK_i} = Arus kendaraan belok kiri (smp/jam)
 q_{BK_a} = Arus kendaraan belok kanan (smp/jam)
 q_{Total} = Arus kendaraan total (smp/jam)

Perhitungan rasio kendaraan tak bermotor (R_{KT_B}) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$R_{KT_B} = q_{KT_B} / q_{KB} \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan:

q_{KT_B} = Arus kendaraan tak bermotor (kend/jam)
 q_{KB} = Arus kendaraan bermotor (kend/jam)

Tabel 2. 3 Klasifikasi Jenis Kendaraan

KODE	JENIS KENDARAAN	TIPIKAL KENDARAAN
SM	Kendaraan bermotor roda 2 (dua) dan 3 (tiga) dengan panjang <2,5 m	Sepeda motor, kendaraan bermotor roda 3 (tiga)
MP	Mobil penumpang 4 (empat) tempat duduk, mobil penumpang 7 (tujuh) tempat duduk, mobil angkutan barang kecil, mobil angkutan barang sedang dengan panjang ≤5,5 m	Sedan, jeep, minibus, mikrobus, <i>pickup</i> , truk kecil
KS	Bus sedang dan mobil angkutan barang 2 (dua) sumbu dengan panjang ≤9,0 m	Bus tanggung, bus metromini, truk sedang
BB	Bus besar 2 (dua) dan 3 (tiga) gandar dengan panjang ≤12,0 m	Bus antar kota, bus <i>double decker city tour</i>
TB	Mobil angkutan barang 3 (tiga) sumbu, truk gandeng, dan truk tempel (<i>semitrailer</i>) dengan panjang >12,0 m	Truk tronton, truk semi <i>trailer</i> , truk gandeng

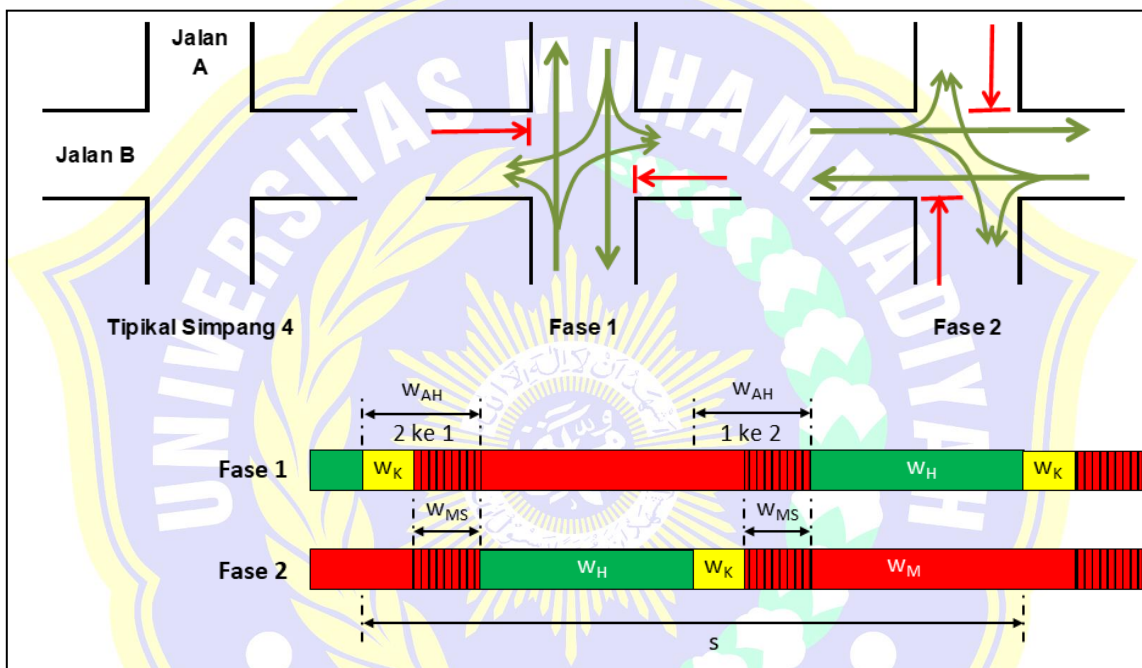
Sumber: PKJI 2023

2.10 Penggunaan Sinyal

Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Tahapan dalam penggunaan sinyal dibagi menjadi 2, yaitu:

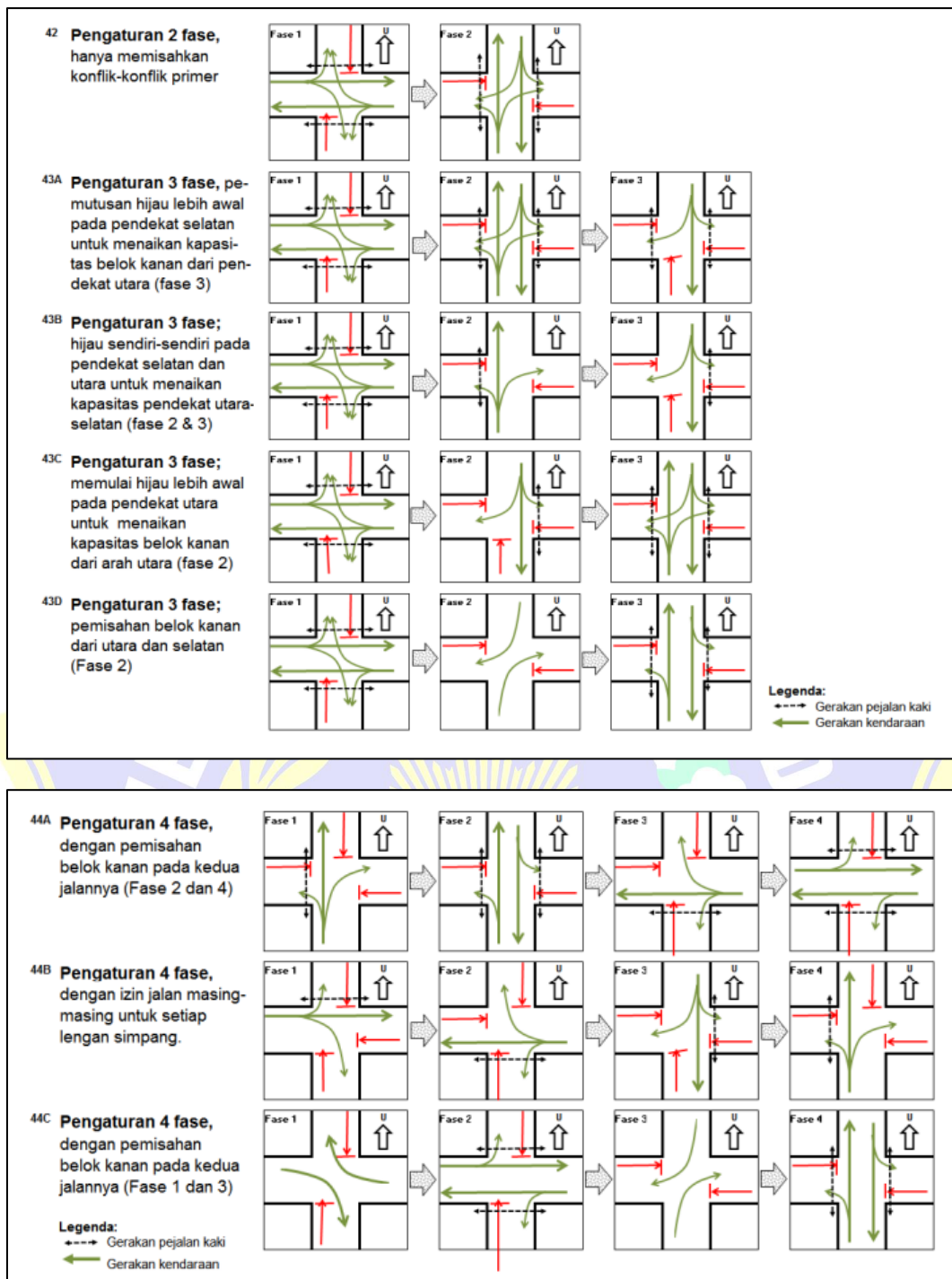
2.10.1 Fase Sinyal

Pengaturan lalu lintas pada simpang dengan waktu tetap dianggap menggunakan fase sinyal. Fase sinyal adalah bagian dari siklus sinyal dengan lampu hijau disediakan bagi kombinasi tertentu dari gerakan lalu lintas. Beberapa kasus pengaturan fase sinyal, seperti terlihat pada gambar 2.4. Waktu merah semua dan waktu kuning pada umumnya ditetapkan sebelumnya dan tidak berubah selama periode operasi. Jika waktu hijau dan waktu siklus juga ditetapkan sebelumnya, maka dikatakan sinyal tersebut dioerasikan dengan cara kendali waktu tetap.



Gambar 2. 5 Urutan Waktu Pada Pengaturan Sinyal Dengan Dua Fase

Sumber: PKJI 2023



Gambar 2. 6 Tipikal Pengaturan Fase APILL Pada Simpang 4

Sumber: PKJI 2023

2.10.2 Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang

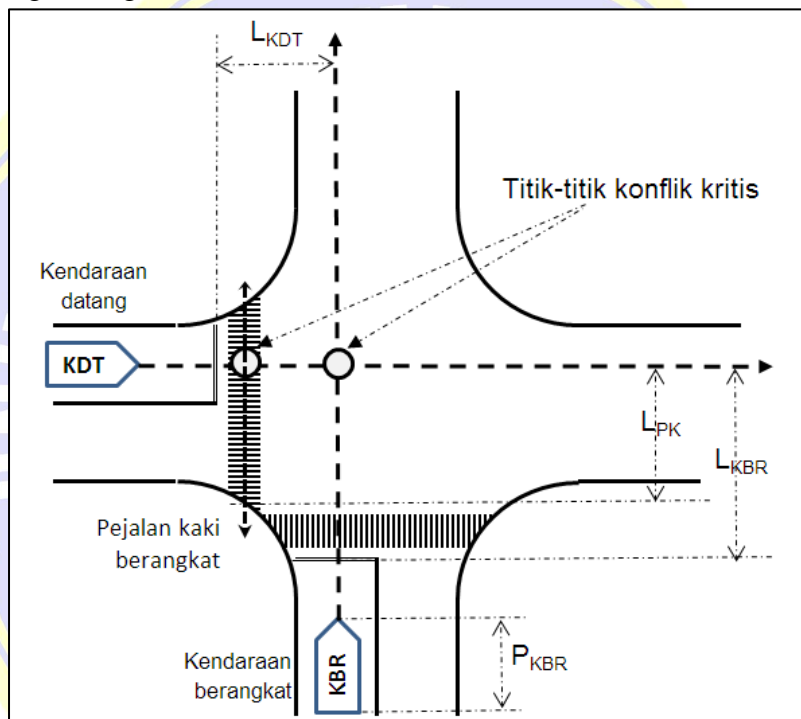
Untuk analisis operasional dan perencanaan, disarankan untuk membuat suatu perhitungan rinci waktu antar hijau untuk pengosongan dan waktu hilang. Pada analisis yang dilakukan bagi keperluan perancangan, waktu antar hijau berikut dapat dianggap sebagai nilai normal. Nilai normal waktu antar hijau dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Nilai Normal Waktu Antar Hijau

Ukuran Simpang	Lebar Jalan Rata-Rata	Nilai Normal Waktu Antar Hijau
Kecil	6 sampai < 10 m	4 detik/fase
Sedang	10 sampai < 15 m	5 detik/fase
Besar	≥ 15 m	≥ 6 detik/fase

Sumber: PKJI 2023

Waktu merah semua yang diperlukan untuk pengosongan pada akhir setiap fase harus memberi kesempatan bagi kendaraan terakhir (melewati garis henti pada akhir sinyal kuning) berangkat dari titik konflik sebelum kedatangan kendaraan yang datang pertama dari fase berikutnya (melewati garis henti pada awal sinyal hijau) pada titik yang sama. Jadi merah semua merupakan fungsi dari kecepatan dan jarak dari kendaraan yang berangkat dan yang datang dari garis henti sampai ke titik konflik, dan panjang dari kendaraan yang berangkat.



Gambar 2. 7 Titik Konflik Kritis dan Jarak Untuk Keberangkatan Dan Kedatangan

Sumber: PKJI 2023

Titik konflik kritis pada masing-masing fase (i) adalah titik yang menghasilkan waktu merah semua, seperti pada persamaan (2-5).

$$W_{MS} = \left[\frac{(L_{KBR} + P_{KBR})}{V_{KBR}} - \frac{L_{KDT}}{V_{KDT}} \right]_{MAX} \dots\dots\dots (2-5)$$

Keterangan:

L_{KBR} , L_{KDT} = Jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m).

P_{KBR} = Panjang kendaraan yang berangkat (m).

V_{KBR}, V_{KDT} = Kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/det).

Nilai-nilai yang dipilih untuk V_{KBR}, V_{KDT} , dan P_{KBR} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai-nilai sementara berikut dapat dipilih dengan ketiadaan aturan di Indonesia akan hal tersebut.

Kecepatan kendaraan yang datang (V_{KDT}) = 10 m/det (kendaraan bermotor)

Kecepatan kendaraan yang berangkat (V_{KBR}) = 10 m/det (kendaraan bermotor)
 = 3 m/det (kendaraan tak bermotor)
 = 1,2 m/det (pejalan kaki)

Panjang kendaraan yang berangkat (P_{KBR}) = 5 m (MP atau KS)
 = 2 m (SM atau KTB)

Apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, maka waktu hilang (W_{HH}) untuk simpang dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-6).

$$W_{HH} = \sum (W_{MS} + W_K)_i \dots\dots\dots (2-6)$$

Catatan: Panjang waktu kuning pada sinyal lalu lintas perkotaan di Indonesia biasanya adalah 3,0 detik.

2.11 Penentuan Waktu Isyarat

2.11.1 Tipe Pendekat

Pada pendekatan dengan arus lalu lintas yang berangkat pada fase yang berbeda, maka analisis kapasitas pada masing-masing fase pendekatan harus dilakukan secara terpisah. Hal yang sama terjadi pada satu pendekatan yang memiliki tipe pendekatan, baik terlindung (P) maupun terlawan (O), maka proses analisisnya harus dipisahkan berdasarkan ketentuan masing-masing seperti di bawah ini.

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

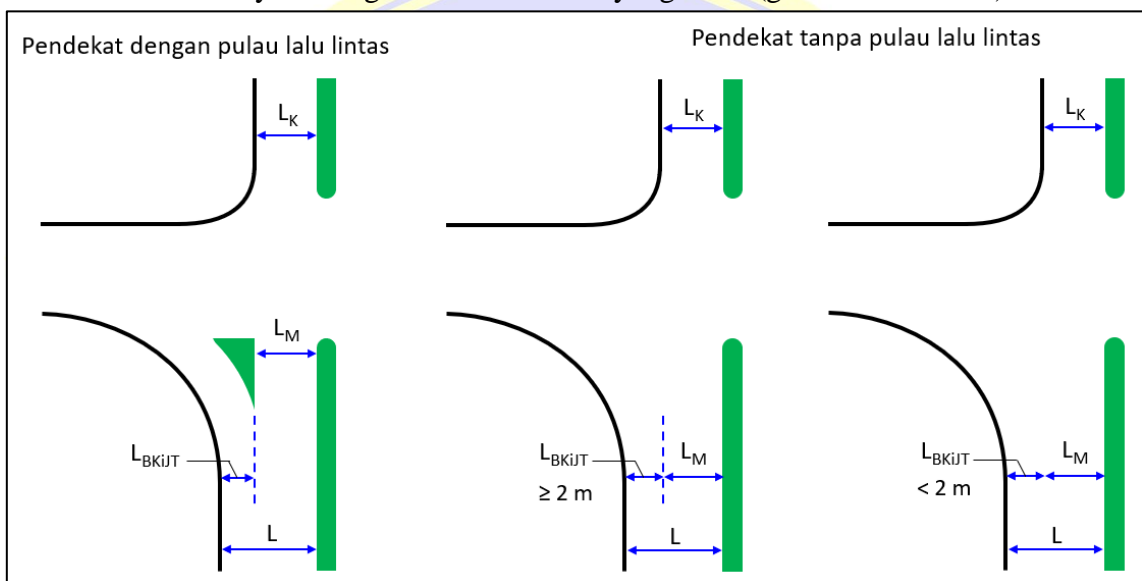
Gambar 2. 8 Penentuan Tipe Pendekat

Sumber: PKJI

2.11.2 Penentuan Lebar Pendekat Efektif (WE)

Penentuan lebar pendekat efektif (L_E) didasarkan pada beberapa parameter yaitu lebar ruas pendekat awal (L), lebar masuk (L_M), dan lebar keluar (L_K). Ada beberapa kondisi dalam menentukan L_M yaitu:

- Untuk pendekat dengan pulau lalu lintas, arus belok kiri memiliki lebar lajur tersendiri sehingga lebar masuk (L_M) merupakan lebar antara tepi pulau lalu lintas dengan median yang ditunjukkan pada gambar 2.8 (kiri).
- Untuk pendekat tanpa pulau lalu-lintas, arus belok kiri jalan terus bisa membentuk lajur sendiri atau bisa bergabung dengan arus yang lurus tergantung dari ketersediaan ruang kendaraan yang belok kiri. Apabila L_{BKIJT} lebih dari 2 meter maka arus belok kiri dapat membentuk antrian sendiri sehingga $L_M = L - L_{BKIJT}$ (gambar 2.8 tengah). Sedangkan apabila L_{BKIJT} kurang dari 2 meter maka arus belok kiri akan menyatu dengan arus lalu lintas yang lurus (gambar 2.8 kanan).



Gambar 2. 9 Lebar Pendekat dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas

Sumber: PKJI 2023

Adapun penentuan L_E berdasarkan beberapa kondisi, antara lain:

- Jika $L_{BKIJT} \geq 2$ m atau L_{BKIJT} merupakan lajur eksklusif, maka arus kendaraan B_{KIJT} dapat mendahului antrian kendaraan lurus dan belok kanan selama isyarat merah. L_E ditetapkan sebagai berikut:

- Langkah 1

Keluarkan arus B_{KIJT} (q_{BKIJT}) dari perhitungan dan selanjutnya arus yang dihitung adalah $q = q_{LRS} + q_{BKa}$. Tentukan lebar efektif sebagai berikut:

$$L_E = L - W_{BKIJT} \dots\dots\dots (2-7)$$

$$L_E = L_M \dots\dots\dots (2-8)$$

- Langkah 2

Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini didasarkan hanya bagian lalu lintas yang lurus saja yaitu q_{LRS}

b. Jika $L_{BKijT} < 2$ m, maka kendaraan B_{KijT} dianggap tidak dapat mendahului antrian kendaraan lainnya selama isyarat merah. L_E ditetapkan sebagai berikut:

- Langkah 1

Sertakan q_{BKijT} pada perhitungan selanjutnya. Perhitungan lebar pendekat efektif dipilih nilai paling minimal antara hasil persamaan berikut:

$$L_E = L \dots\dots\dots (2-9)$$

$$L_E = L_M + L_{BKijT} \dots\dots\dots (2-10)$$

$$L_E = L \times (1 - R_{BKijT}) - L_{BKijT} \dots\dots\dots (2-11)$$

- Langkah 2

Periksa L_K (hanya untuk pendekat tipe P), jika $L_K < L_M \times (1 - R_{BKa} - R_{BKijT})$, maka $L_E = L_K$, dan analisis penentuan waktu isyarat untuk pendekat ini dilakukan hanya untuk arus lalu lintas lurus saja.

2.11.3 Arus Jenuh

Arus jenuh (J) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian antara arus jenuh dasar (J_0) pada keadaan standar dengan faktor-faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan kondisi sebenarnya dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. J dirumuskan oleh persamaan (2-12).

$$J = J_0 \times F_{UK} \times F_{HS} \times F_G \times F_P \times F_{BKa} \times F_{BKl} \dots\dots\dots (2-12)$$

Untuk menghitung nilai J_0 dapat menggunakan rumus di persamaan (2-13) berikut ini:

$$J_0 = 600 \times L_E \dots\dots\dots (2-13)$$

Keterangan:

J = Arus jenuh (smp/jam)

J_0 = Arus jenuh dasar (smp/jam)

L_E = Lebar efektif pendekatan (m)

F_{UK} = Faktor penyesuaian ukuran kota dengan jumlah penduduk.

F_{HS} = Faktor penyesuaian hambatan samping sebagai fungsi dari jenis lingkungan.

F_G = Faktor penyesuaian kelandaian jalan.

F_P = Faktor penyesuaian terhadap parkir.

F_{BKl} = Faktor penyesuaian belok kiri (hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, tanpa belok kiri langsung)

F_{BKa} = Faktor penyesuaian belok kanan (hanya berlaku untuk pendekatan tipe P, jalan dua arah).

2.11.4 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FUK)

Pengkategorian ukuran kota (F_{UK}) ditetapkan menjadi lima kategori berdasarkan populasi penduduk dan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 5 Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (FUK)

Populasi Penduduk (Juta Jiwa)	Faktor penyesuaian Ukuran Kota (FUK)
----------------------------------	---

>3,0	1,05
1,0-3,0	1,00
0,5-1,0	0,94
0,1-0,5	0,88
<0,1	0,82

Sumber: PKJI 2023

2.11.5 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS})

Faktor Penyesuaian Hambatan Samping (F_{HS}) sebagai fungsi dari jenis lingkungan jalan, hambatan samping, dan rasio kendaraan tak bermotor. Jika hambatan samping tidak diketahui, maka dianggap hambatan samping tinggi agar tidak menilai kapasitas terlalu besar.

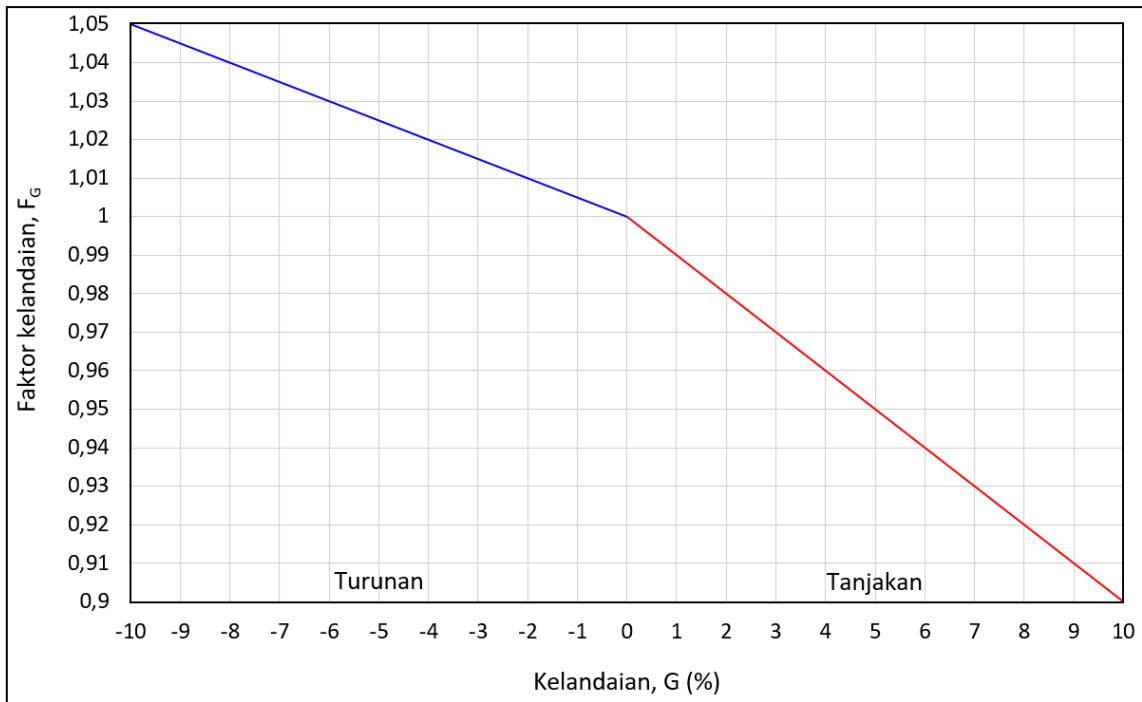
Tabel 2. 6 Faktor Penyesuaian Lingkungan Jalan (F_{HS})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe Fase	Rasio Kendaraan Tak Bermotor					
			0,00	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
		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
Permukiman (RES)	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 (RA)	Tinggi/	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Sedang/ Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: PKJI 2023

2.11.6 Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G) atau kemiringan jalan biasanya didapatkan dari Dinas Perhubungan Umum atau survei langsung kelapangan. Untuk mendapatkan nilai Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G) dapat menggunakan gambar grafik 2.9 di bawah ini.



Gambar 2. 10 Faktor Penyesuaian Kelandaian (F_G)

Sumber: PKJI 2023

2.11.7 Faktor Penyesuaian Parkir (F_P)

Faktor Penyesuaian Parkir (F_P) sebagai fungsi jarak dari garis henti sampai ke kendaraan yang di parkir pertama pada jalur pendekat. Faktor ini juga berlaku untuk kasus-kasus dengan panjang lajur belok kiri terbatas. Faktor ini tidak perlu diaplikasikan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar. F_P dapat dihitung dari persamaan berikut yang mencakup pengaruh panjang waktu hijau:

$$F_P = \frac{\left[\frac{L_P}{3} - \frac{(L-2) \times \left(\frac{L_P}{3} - W_H \right)}{L} \right]}{W_H} \dots\dots\dots (2-14)$$

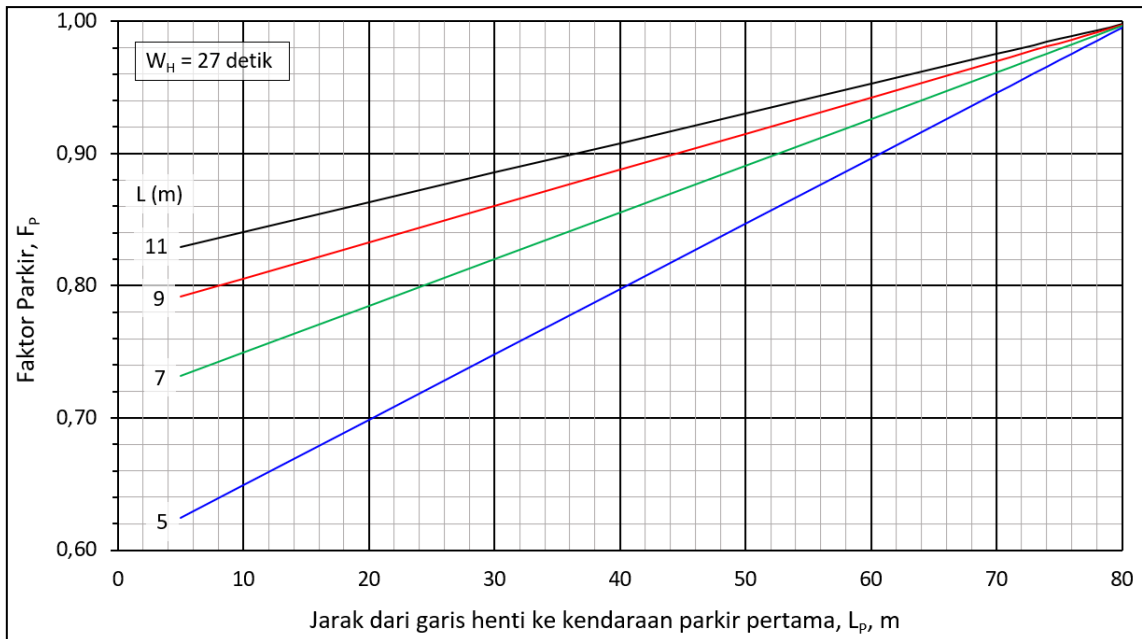
Keterangan:

L_P = Jarak antara garis henti ke kendaraan yang parkir pertama (m) (atau panjang dari lajur pendek)

L = Lebar pendekat (m)

W_H = Waktu hijau pada pendekat yang ditinjau (nilai normalnya 26 detik)

Penentuan besarnya Faktor Penyesuaian Parkir (F_p) juga dapat ditentukan dari gambar grafik 2.10 di bawah ini.



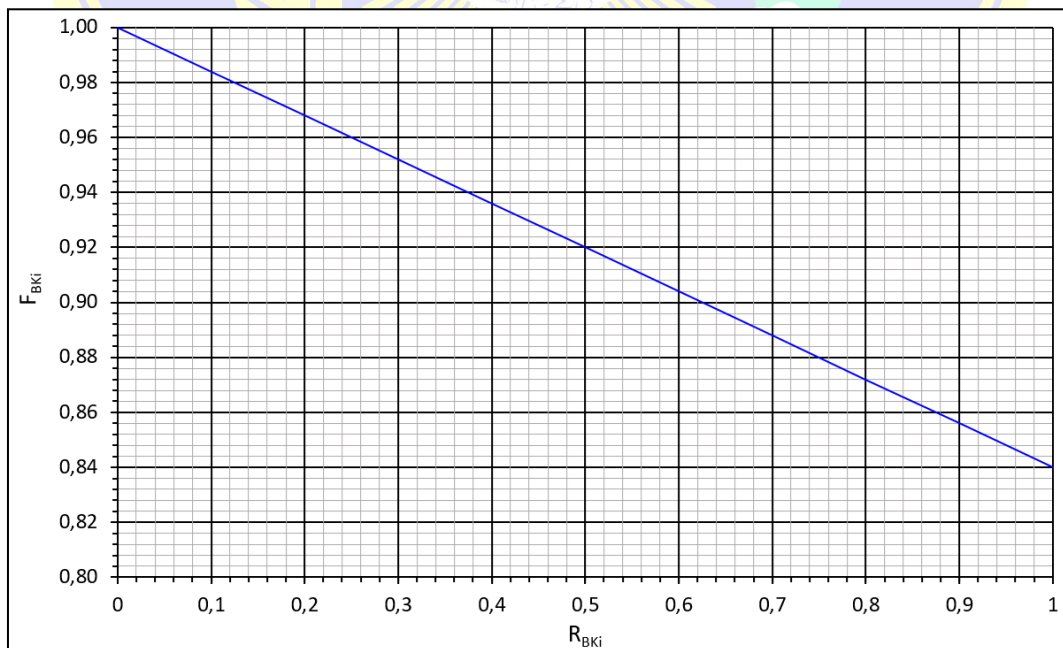
Gambar 2. 11 Faktor Penyesuaian Parkir (F_p)

Sumber: PKJI 2023

2.11.8 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BK_i})

Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BK_i}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri R_{BK_i} . Perhitungan ini hanya berlaku untuk pendekatan tipe P tanpa belok kiri langsung (BK_{iJT}), dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{BK_i} = 1,0 - R_{BK_i} \times 0,16 \dots\dots\dots (2-15)$$



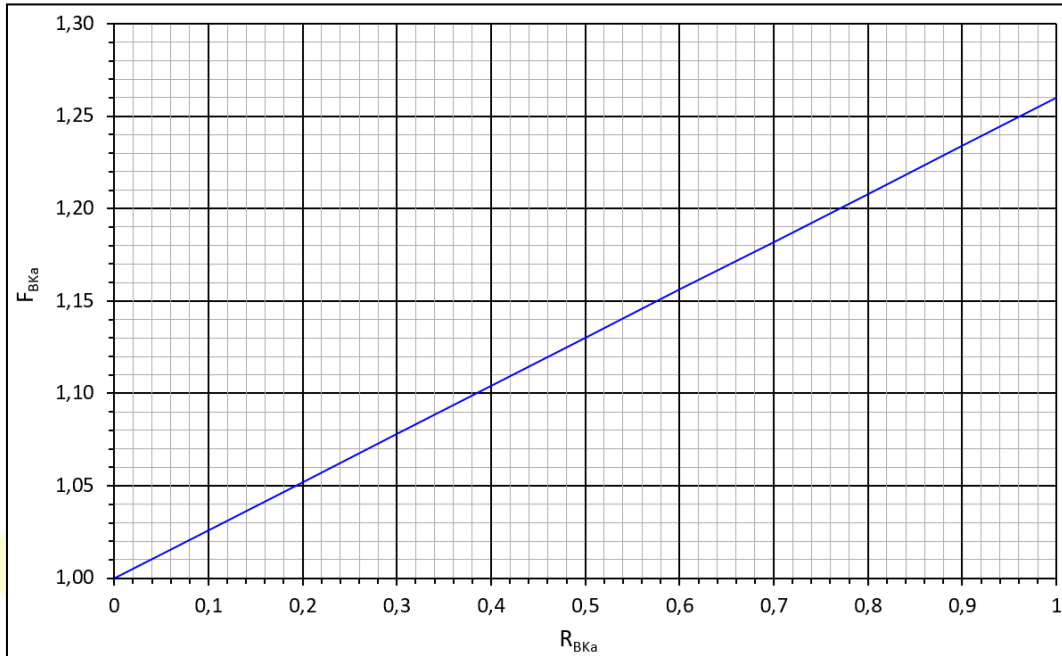
Gambar 2. 12 Faktor Penyesuaian Belok Kiri (F_{BK_i})

Sumber: PKJI 2023

2.11.9 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FBKa)

Faktor Penyesuaian Belok Kanan (F_{BKa}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kanan R_{BKa} . Perhitungan ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P tanpa median, tipe jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{BKa} = 1,0 + R_{BKa} \times 0,26 \dots\dots\dots (2-16)$$



Gambar 2. 13 Faktor Penyesuaian Belok Kanan (FRT)

Sumber: PKJI 2023

2.11.10 Rasio Arus

Ada beberapa langkah dalam menentukan rasio arus yaitu:

- a. Jika arus BKiJT harus dipisahkan dari analisis, maka hanya arus lurus dan belok kanan saja yang dihitung sebagai nilai q;
- b. Jika $LE = LK$, maka hanya arus lurus saja yang masuk dalam nilai q; dan
- c. Jika pendekat mempunyai 2 (dua) fase, yaitu fase kesatu untuk arus terlawan (O) dan fase kedua untuk arus terlindung (P), maka arus gabungan dihitung dengan pembobotan seperti proses perhitungan arus jenuh.
- d. Rasio arus masing-masing pendekat:

$$R_{q/J} = q/J \dots\dots\dots (2-17)$$

- e. Tandai rasio arus tertinggi dengan tanda kritis ($R_{q/J \text{ kritis}}$) dari masing-masing fase.

- f. Hitung rasio arus simpang APILL (R_{AS}) sebagai jumlah dari nilai-nilai $R_{q/J \text{ kritis}}$

$$R_{AS} = \sum_i (R_{q/J \text{ kritis}})_i \dots\dots\dots (2-18)$$

- g. Rasio fase (R_F) masing-masing fase sebagai rasio antara $R_{q/J \text{ kritis}}$ dan R_{AS}

$$R_F = \frac{R_{q/J \text{ kritis}}}{R_{AS}} \dots\dots\dots (2-19)$$

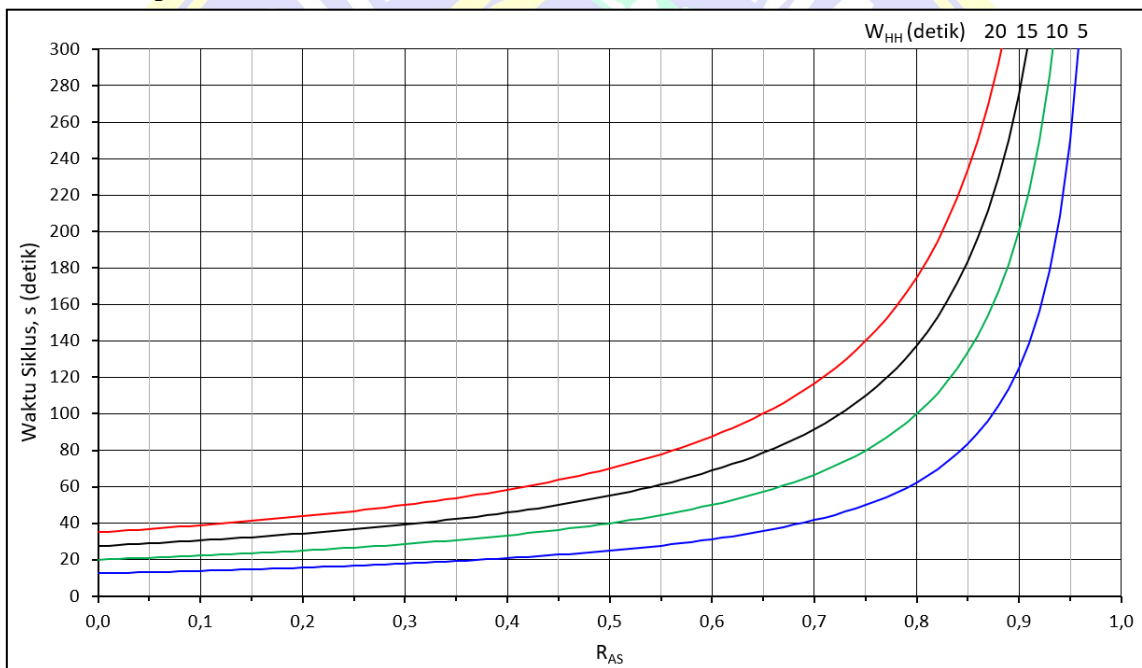
2.11.11 Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu isyarat terdiri dari waktu siklus (s) dan waktu hijau (W_H). Tahap pertama adalah penentuan waktu siklus untuk sistem kendali waktu tetap yang dapat dilakukan menggunakan rumus Webster (1966). Rumus ini bertujuan meminimumkan tundaan total. Tahap selanjutnya adalah menetapkan waktu hijau (W_H) pada masing-masing fase (i). Nilai s ditetapkan menggunakan persamaan 2.20 atau dengan menggunakan gambar 2.13.

$$s = \frac{(1,5 \times W_{HH} + 5)}{1 - \sum R_{q/J} \text{ kritis}} \dots\dots\dots (2-20)$$

Keterangan:

- s = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)
- W_{HH} = Waktu hilang total per siklus (detik)
- $R_{q/J}$ = Rasio arus, yaitu arus dibagi arus jenuh, q/J .
- $R_{q/J_{kritis}}$ = Nilai $R_{q/J}$ yang tertinggi dari semua pendekat yang berangkat pada fase yang sama.
- $\sum R_{q/J_{kritis}}$ = Rasio arus simpang (sama dengan jumlah semua $R_{q/J}$ kritis dari semua fase) pada siklus tersebut.



Gambar 2. 14 Penetapan Waktu Siklus Sebelum Penyesuaian
Sumber: PKJI 2023

Tabel 2. 7 Waktu Siklus Yang Disarankan Untuk Keadaan Berbeda

Tipe Pengaturan	Waktu Siklus Yang Layak
Pengaturan dua fase	40 – 80
Pengaturan tiga fase	50 – 100
Pengaturan empat fase	80 – 130

Sumber: PKJI 2023

Waktu siklus yang terlalu besar akan menyebabkan meningkatnya tundaan rata-rata. Waktu siklus yang besar terjadi jika nilai $\sum(R_q/J \text{ kritis})$ mendekati satu, atau jika lebih dari satu, maka simpang APILL tersebut “melampaui jenuh” dan rumus Webster akan menghasilkan nilai s yang tidak realistik karena sangat besar atau negatif.

Selanjutnya yaitu menetapkan waktu hijau (W_H) untuk masing-masing fase dan dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-21)

$$W_{Hi} = (s - W_{HH}) \times \frac{R_q/J \text{ kritis}}{\sum_i(R_q/J \text{ kritis})_i} \dots\dots\dots(2-21)$$

Keterangan:

- W_{Hi} = Tampilan waktu hijau pada fase i (detik)
- s = Waktu siklus sebelum penyesuaian sinyal (detik)
- W_{HH} = Waktu hilang total per siklus (detik)

2.11.12 Panjang Antrian

Jumlah rata-rata antrian kendaraan (smp) pada awal sinyal hijau (N_q) dihitung sebagai jumlah kendaraan terhenti (smp) yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{q1}) ditambah jumlah kendaraan (smp) yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah (N_{q2}), dapat dihitung menggunakan persamaan (2-22).

$$N_q = N_{q1} + N_{q2} \dots\dots\dots (2-22)$$

Jika $D_J \leq 0,5$ maka $N_{q1} = 0$, namun jika $D_J > 0,5$ maka menggunakan persamaan (2-23) di bawah untuk mencari nilai N_{q1} dan persamaan (2-24) untuk mencari N_{q2} .

$$N_{q1} = 0,25 \times s \times \left[(D_J - 1) + \sqrt{(D_J - 1)^2 + \frac{8 \times (D_J - 0,5)}{s}} \right] \dots\dots\dots (2-23)$$

$$N_{q2} = s \times \frac{(1-R_H)}{(1-R_H \times D_J)} \times \frac{q}{3600} \dots\dots\dots (2-24)$$

Keterangan:

- N_q = Jumlah rata-rata antrian kendaraan (smp) pada awal isyarat hijau
- N_{q1} = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
- N_{q2} = Jumlah kendaraan smp yang datang selama fase merah
- D_J = Derajat kejenuhan
- R_H = Rasio hijau (g/c)
- s = Waktu siklus (det)
- C = Kapasitas (smp/jam)
- q = Arus lalu lintas pada pendekat tersebut (smp/jam)

Selanjutnya akan menghitung panjang antrian (P_A) yang diperoleh dari perkalian N_q dengan luas area rata-rata yang digunakan per smp yaitu 20 m^2 , dan dibagi lebar masuk (m) seperti pada persamaan (2-25) di bawah ini.

$$P_A = N_q \times \frac{20}{L_M} \dots\dots\dots (2-25)$$

2.11.13 Rasio Kendaraan Henti

Rasio kendaraan henti (R_{KH}) yaitu jumlah berhenti rata-rata per kendaraan (termasuk berhenti terulang dalam antrian) sebelum melewati suatu simpang dapat dihitung menggunakan persamaan (2-26) dan untuk jumlah kendaraan terhenti masing-masing pendekat dapat dihitung menggunakan persamaan (2-27)

$$R_{KH} = 0,9 \times \frac{N_q}{q \times s} \times 3600 \dots\dots\dots (2-26)$$

$$N_{KH} = q \times R_{KH} \dots\dots\dots (2.27)$$

Keterangan:

N_q = Jumlah rata-rata antrian kendaraan (smp) pada awal isyarat hijau

q = Arus lalu lintas dari pendekatan yang ditinjau, (smp/jam)

s = Waktu siklus (detik)

N_{KH} = Jumlah kendaraan terhenti masing-masing pendekatan

Hitung rasio kendaraan henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekatan dengan arus simpang total q dalam kend./jam dan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-28).

$$R_{KH\ TOT} = \frac{\sum N_{KH}}{q_{TOT}} \dots\dots\dots (2-28)$$

2.11.14 Tundaan

Tundaan pada suatu simpang terjadi karena dua hal, yaitu tundaan lalu lintas (T_{LL}), dan tundaan geometrik (T_G). Tundaan rata-rata untuk suatu pendekatan i dapat dihitung menggunakan persamaan (2-29).

$$T_i = T_{LLi} + T_{Gi} \dots\dots\dots (2-29)$$

Keterangan:

T_i = Tundaan rata-rata untuk pendekatan i (det)

T_{LLi} = Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekatan i (det)

T_{Gi} = Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekatan i (det)

Tundaan lalu lintas rata-rata pada suatu pendekatan i dapat ditentukan dari persamaan (2-30).

$$T_{LL} = s \times \frac{0,5 \times (1 - R_H)^2}{(1 - R_H \times D_J)} + \frac{N_{q1} \times 3600}{C} \dots\dots\dots (2-30)$$

Keterangan:

T_{LL} = Tundaan lalu lintas rata-rata (det)

D_J = Derajat kejenuhan

R_H = Rasio hijau (g/c)

s = Waktu siklus (det)

C = Kapasitas (smp/jam)

N_{q1} = Jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

Catatan: Hasil perhitungan tidak berlaku jika kapasitas simpang dipengaruhi oleh faktor-faktor "luar" seperti terhalangnya jalan keluar akibat kemacetan pada bagian hilir, atau pengaturan oleh polisi secara manual, atau yang lainnya.

Tundaan geometrik rata-rata pada suatu pendekatan i dapat diperkirakan menggunakan persamaan (2-31).

$$T_G = (1 - R_{KH}) \times P_B \times 6 + (R_{KH} \times 4) \dots\dots\dots (2-31)$$

Keterangan:

T_G = Tundaan geometrik rata-rata (det/smp)

R_{KH} = Rasio kendaraan terhenti pada suatu pendekatan

P_B = Porsi kendaraan membelok pada suatu pendekatan

Catatan: Nilai normal D_{Gi} untuk kendaraan belok tidak berhenti adalah 6 detik, dan untuk yang berhenti adalah 4 detik. Nilai normal ini didasarkan pada anggapan-anggapan, bahwa:

- 1) Kecepatan = 40 km/jam;
- 2) Kecepatan belok tidak berhenti = 10 km/jam;
- 3) Percepatan dan perlambatan = 1,5 m/det² ;
- 4) Kendaraan berhenti melambat untuk meminimumkan tundaan, sehingga menimbulkan hanya tundaan percepatan.

Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (T_1) diperoleh dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total (q_{TOT}) dalam smp/jam.

$$T_1 = \frac{\sum(q \times T)}{q_{TOT}} \dots\dots\dots (2-32)$$

2.12 Kapasitas Simpang APILL

Kapasitas adalah kemampuan simpang untuk menampung arus lalu lintas maksimum per satuan waktu dinyatakan dalam smp/jam hijau. Kapasitas pada simpang dihitung pada setiap pendekatan ataupun kelompok jalur di dalam suatu pendekatan. Kapasitas simpang dapat dihitung menggunakan persamaan (2-33).

$$C = J \times \frac{W_H}{c} \dots\dots\dots (2-33)$$

Keterangan:

C = Kapasitas simpang APIIL (smp/jam hijau)

J = Arus Jenuh (smp/jam hijau)

W_H = Waktu hijau (detik)

s = Panjang siklus (detik)

2.12.1 Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (D_J) dapat dihitung menggunakan persamaan (2-34).

$$D_J = \frac{q}{C} \dots\dots\dots (2-34)$$

Keterangan:

D_J = Derajat kejenuhan

q = Arus lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas (smp/jam)

2.12.2 Tingkat Pelayanan Simpang APILL

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 bersinyal terhadap lalu lintas yang ada tergantung dari derajat kejenuhan dan tundaan kendaraan.

Untuk nilai derajat kejenuhan standar perencanaan di PKJI 2023 adalah 0,85. Tingkat pelayanan dikategorikan baik jika nilai maksimum tidak melebihi standard tersebut, jika nilai maksimum melebihi nilai standar derajat kejenuhan maka dikategorikan tingkat pelayanan buruk.

Tingkat pelayanan simpang dapat diukur dengan mengetahui besarnya tundaan kendaraan yang terjadi, dari tabel dibawah ini menunjukkan klasifikasi tingkat pelayanan simpang.

Tabel 2. 8 Kriteria Level Of Servic (LOS)

<i>Level Of Servic</i>	Rata-rata kontrol delay (detik/kendaraan)	Deksripsi
A	≤ 5	Arus bebas
B	5,1 – 15,0	Arus stabil (penundaan sedikit)
C	15,1 – 25,0	Arus sedikit (penundaan diterima)
D	25, 1 – 40,0	Mendekati arus tidak stabil (<i>delay</i> ditoleransi, kadang-kadang menunggu lebih dari satu siklus sinyal sebelum melanjutkan)
E	40,1 – 60,0	Arus tidak stabil (<i>delay</i>)
F	≥ 60	Arus dipaksakan (padat dan antrian tertahan)

Sumber: Peraturan Menteri Perhubungan No. 96 tahun 2015

2.13 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 9 Data Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Sayyidah Nadia Universitas Islam Malang 2022 Jurnal Rekayasa Sipil https://media.neliti.com/media/publications/484090-none-a451eb7e.pdf	Studi Evaluasi Kinerja Simpang Empat Bersinyal Kebonagung Kota Pasuruan Dengan Menggunakan Metode PKJI 2014 Dan <i>Software Vissim</i>	Metode PKJI 2014 Dan <i>Software Vissim</i>	Menurut data-data yang diperoleh dan analisis dalam simpang empat bersinyal Kebonagung Kota Pasuruan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut. 1. Derajat kejenuhan berdasarkan PKJI 2014 merupakan hasil pembagian dari volume lalu lintas terbagi dengan kapasitas jalan. Derajat jenuh dalam simpang empat jalan Panglima Sudirman ialah 0,40, untuk jalan KH. Ahmad Dahlan adalah 0,86, untuk jalan Urip Sumoharjo adalah 0,96 dan untuk jalan Untung Suropati adalah 0,70 2. Panjang tundaan dan antrian yang ada di simpang empat Kebonagung Kota Pasuruan menurut hasil analisis menggunakan teknik PKJI 2014 dan <i>Software Vissim</i> panjang antriannya jalan Panglima Sudirman sejumlah 35,57 m (<i>vissim</i> = 84,06 m), jalan KH. Ahmad Dahlan sebesar 106,34

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>m (vissim = 135,79 m), jalan Urip Sumoharjo sebesar 151,81 m (vissim = 135,18 m), jalan Untung Suropati sebesar 73,39 m (vissim = 100,76 m). Sedangkan untuk tundaan rata-rata yang terjadi sejumlah 44,67 det/skr, sementara setelah melaksanakan analisis menggunakan Software Vissim tundaannya adalah 65,93 det/skr.</p> <p>3. Terdapat dua pilihan yang ditawarkan menangani permasalahan yang ada di simpang empat ini. Pilihan I perubahan waktu siklus lampu lalu lintas, Alternatif II pelebaran ruas jalan. Hasil tundaan simpang alternatif I adalah 20,41 det/skr dengan tingkat pelayanan C sedangkan alternatif II tundaan rata rata adalah 16,97 det/skr dengan tingkat pelayanan C (Arus sedikit (penundaan diterima)).</p> <p>4. Perbandingan perhitungan menggunakan metode Pedoman</p>

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>Kapasitas Jalan Indonesia 2014 dan Software Vissim sama-sama mengalami kemacetan dengan tingkat pelayanan LOS E (Arus tidak stabil (delay). Tetapi nilai tundaan rata-rata lebih besar Software Vissim dari pada menggunakan PKJI 2014. Nilai tundaan menggunakan software vissim 65,93 det/skr sedangkan PKJI 2014 adalah 44,67 det/skr.</p>
2.	<p>Fatmawati Politeknik Negeri Balikpapan 2022 Jurnal Sains Terapan Vol 8 No. 2 2022 https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/jst/article/view/1640</p>	<p>Evaluasi Kinerja Simpang Tak bersinyal Dengan Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis Pada Simpang Grand City-MT. Haryono</p>	<p>Metode Sistem Dinamik Dan <i>Software Vissim</i></p>	<p>1. Kinerja simpang pada hari jumat memiliki tundaan 21,01 detik sedangkan pada hari senin adalah 22,38 detik, menunjukkan bahwa kondisi kinerja simpang pada hari Jum'at lebih baik daripada kondisi kinerja simpang pada hari Senin dengan selisih tundaan 1,37 detik. Selain daripada itu, panjang antrian yang terjadi pada hari Jumat lebih pendek daripada panjang antrian yang terjadi pada hari Senin yaitu 30,98 meter dan 55,04 meter dimana</p>

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>panjang antrian pada hari Jumat lebih pendek 24,06 meter. Namun, secara umum kinerja simpang tidak bersinyal Grand City masih dikatakan dalam kondisi cukup untuk kondisi saat ini, akan tetapi perlu diwaspadai ketika terjadi pertumbuhan lalu lintas pada beberapa tahun ke depan.</p> <p>2. Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas bahwa rata-rata tundaan yang terjadi tertinggi yaitu 22,38 detik dimana masih dalam rentang 15 detik hingga 25 detik termasuk dalam tingkat pelayanan C. Hal yang sama juga disampaikan Dalam American Highway Capacity Manual (AHCM) 2010 dimana tundaan sebesar 22,38 detik masih masuk dalam tingkat pelayanan C untuk simpang tidak bersinyal.</p>

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>3. Berdasarkan pergerakan kendaraan pada setiap lengan simpang tidak bersinyal Grand City, maka perlu adanya manajemen dan/atau rekayasa lalu lintas pada beberapa</p>
3.	<p>M. Lutfi Makrus Universitas Tidar 2022 Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/jris/article/viewFile/5763/pdf</p>	<p>Studi Kasus Kinerja Simpang Bersinyal Pada Simpang Bersinyal Magelang-Tempel Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta</p>	<p>Metode MKJI 1997 dan <i>Software Vissim</i></p>	<p>Berdasarkan hasil penelitian kinerja simpang bersinyal Magelang-Tempel dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Berdasarkan hasil analisa menggunakan metode MKJI 1997 dapat disimpulkan bahwa besarnya arus lalu lintas (Q) kondisi eksisting pada Jl. Magelang-Yogya melebihi kapasitas (C) simpang. 2. Nilai derajat kejenuhan pada Jl. Magelang- Yogya lebih dari 1,00 yaitu 1,02 sehingga kinerja simpang menurun / tidak layak dan berada pada LOS F. Untuk Jl. Tempel sebesar 0,81; Jl. Yogya-Magelang sebesar 0,85; dan Jl. Seyegan sebesar 0,73. <p>Hasil analisa menggunakan metode MKJI 1997 didapat besar tundaan</p>

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				simpang rata-rata sebesar 89,94 det/smp dengan tingkat pelayanan atau LOS berada pada nilai F pada kondisi eksisting.
4.	<p>Nafis Farrell Setyawan Politeknik Negeri Malang 2021 Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema http://jos-mrk.polinema.ac.id/index.php/jos-mrk/article/download/156/98</p>	<p>Analisa Koordinasi Sinyal Antar Simpang Pada Ruas Jalan Raden Panji Suroso Kota Malang</p>	<p>Metode MKJI 1997</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kedua simpang pada kondisi eksisting memiliki derajat kejenuhan rata-rata sebesar 0,814, panjang antrian 132 meter, dan tundaan selama 377,855 detik/smp dan memiliki nilai rata-rata F pada indeks Level of Service. 2. Setelah koordinasi sinyal diterapkan, kinerja simpang menjadi lebih baik. Yaitu memiliki derajat kejenuhan sebesar 0,813, panjang antrian 79,222 meter, dan tundaan selama 39,919 detik dan rata-rata indeks Level of Service naik menjadi D. 3. Koordinasi sinyal juga berdampak pada berkurangnya biaya operasi kendaraan. Hal itu terlihat dari hasil selisih biaya operasi sebelum dan sesudah koordinasi diterapkan. Pada kendaraan golongan I (sedan, pickup,

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>bis kecil, truk kecil (3/4), dan bis sedang) menghasilkan penghematan sebesar Rp. 2.850.274/1000 km. Pada kendaraan golongan IIA (truk dan bis besar dengan dua gandar) dihasilkan penghematan sebesar Rp. 4.236.430/1000 km. Dan pada kendaraan golongan IIB (truk dan bis dengan 3 gandar) dihasilkan penghematan biaya sebesar Rp. 5.385.889/ 1000 km.</p>
5.	<p>Nurbaiti Kiftiah Universitas Brawijaya 2020 <i>Jurnal Planning For Urban Region and Environment</i> https://purejournal.ub.ac.id/index.php/pure/article/view/156</p>	<p>Evaluasi Kinerja Persimpangan Di Jalan Ahmad Yani - Jalan Raden Intan Kecamatan Blimbing Kota Malang</p>	<p>Metode PKJI 2014</p>	<p>Berdasarkan hasil penelitian tentang manajemen lalu lintas untuk meningkatkan kinerja persimpangan di Jalan Ahmad Yani – Jalan Raden Intan Kecamatan Blimbing Kota Malang diperoleh kesimpulan sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Persimpangan Tak Bersinyal 1 pada hari minggu (weekend) jam puncak pagi, siang dan sore memiliki nilai kapasitas sisa sebesar 169 skr/jam (LOS D) pada pagi hari, 53 skr/jam LOS (E) pada siang hari, dan -31 skr/jam (LOS E) pada sore hari.

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>Sedangkan pada Hari Kamis (weekday) pada jam puncak pagi hari memiliki nilai kapasitas sisa sebesar 2 skr/jam (LOS E), pada jam puncak siang hari memiliki nilai -92 skr/jam (LOS E), dan pada jam puncak sore hari memiliki nilai -148 skr/jam (LOS E).</p> <p>2. Persimpangan Bersinyal 1 pada hari minggu (weekend) jam puncak pagi, siang dan sore memiliki nilai tundaan sebesar 77 det/skr (LOS F) pada pagi hari, 75 det/skr (LOS F) pada siang hari, dan 50 det/skr (LOS E) pada sore hari. Sedangkan pada Hari Kamis (weekday) pada jam puncak pagi hari memiliki nilai tundaan sebesar 60 det/skr (LOS E), pada jam puncak siang hari memiliki nilai 50 det/skr (LOS E), dan pada jam puncak sore hari memiliki nilai 41 det/skr (LOS E).</p>

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>3. Persimpangan Bersinyal 2 pada hari minggu (weekend) jam puncak pagi, siang dan sore memiliki nilai tundaan sebesar 88 det/skr (LOS F) pada pagi hari, 58 det/skr (LOS E) pada siang hari, dan 75 det/skr (LOS F) pada sore hari. Sedangkan pada Hari Kamis (weekday) pada jam puncak pagi hari memiliki nilai tundaan sebesar 42 det/skr (LOS E), pada jam puncak siang hari memiliki nilai 58 det/skr (LOS E), dan pada jam puncak sore hari memiliki nilai 78 det/skr (LOS F).</p>

Sumber: *Google Scholar*