

# ANALISIS DAMPAK LALU LINTAS (SIMPANG BERSINYAL)

MUHAMMAD ZUDHY IRAWAN

zudhyirawan.staff.ugm.ac.id

## Staging dan Phasing

- **Fase** adalah sebuah rangkaian dari beberapa pergerakan yang terjadi secara bersamaan atau berturut-turut dari sebuah signal lalu lintas yang diterima oleh rangkaian tersebut

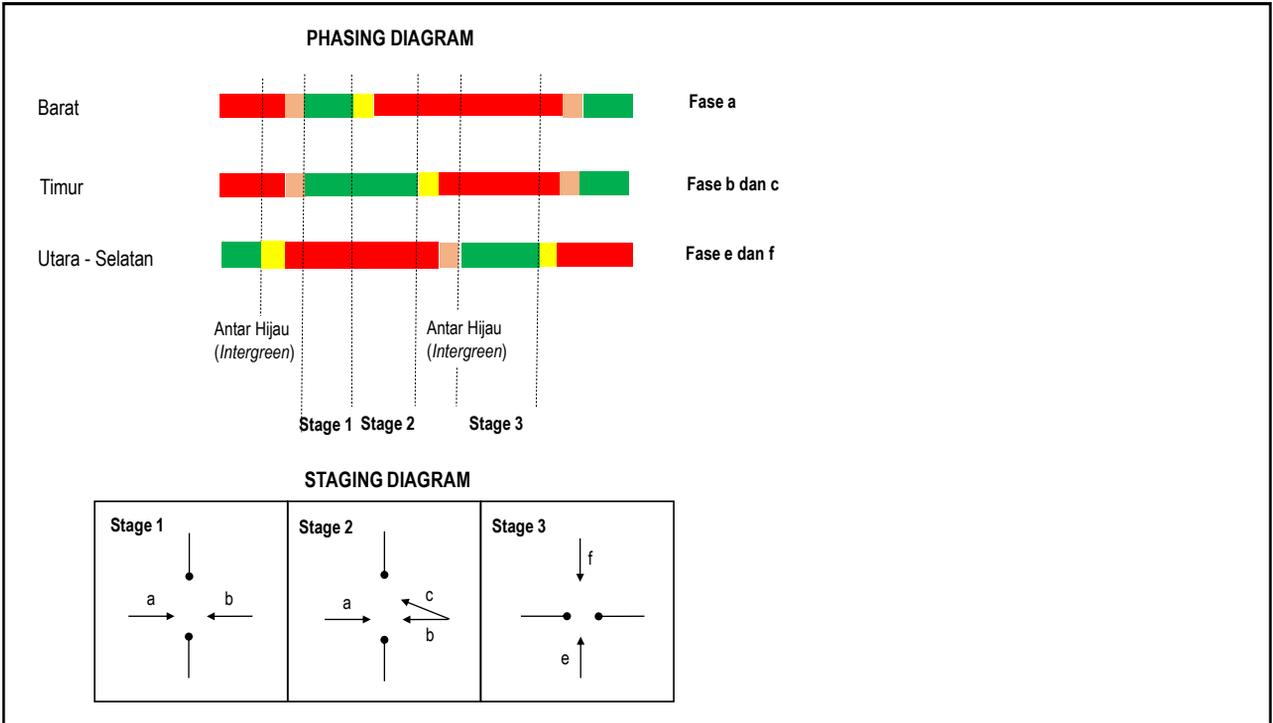
*A phase describes a set of movements which can take place simultaneously or the sequence of signal indications received by such a set of movement (R.J. Salter, Highway Traffic Analysis and Design, pp. 281)*

- **Stage** adalah bagian dari waktu siklus dimana masing-masing gabungan fase menerima waktu hijau

*Stage describes that part of cycle during which a particular set of phases receive green (R.J. Salter, Highway Traffic Analysis and Design, pp. 281)*

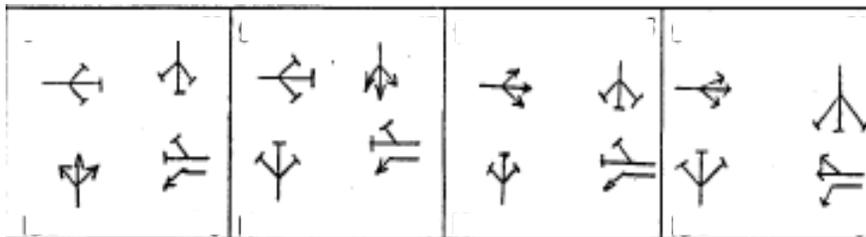
- **Siklus** adalah satu pengulangan dari sebuah urutan dimana berbagai macam fase menerima waktu hijau

*Cycle refers to one repetition of the sequence in which the various phases receive green (R.J. Salter, Highway Traffic Analysis and Design, pp. 281)*



• **Contoh Kasus 1 (SILAHKAN DIKERJAKAN)**

1. Berapa jumlah fase nya
2. Berapa jumlah staging nya
3. Gambarlah diagram fase dan diagram staging nya (dengan penamaannya)



Catatan: pada lengan timur, terdapat fasilitas ke kiri jalan terus

## Saturation Flow dan Waktu Siklus Optimal

- **Arus Jenuh** adalah arus lalu lintas yang terbebas dari lampu lalu lintas dan merupakan arus yang maksimum, yang dinyatakan dalam satuan unit mobil penumpang, yang dapat dilepaskan dari lajur pendekat dan antrian ketika lampu hijau menyala

*Independent of traffic and control factors and is the maximum flow, expressed in equivalent passenger car units, that can be discharged from a traffic lane when there is a continuous green indication and a continuous queue on the approach* (R.J. Salter, Highway Traffic Analysis and Design, pp. 292)

- Untuk Terlindung (*unopposed stream*), arus jenuh dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_1 = (S_0 - 140 d_n) / (1 + 1.5 f / r)$$

$$S_0 = 2080 - 42 d_g \times G + 100 (w - 3.25)$$

- Untuk Terlawan (*opposed stream*), arus jenuh dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_2 = S_g + S_c$$

$$S_0 = 2080 - 42 d_g \times G + 100 (w - 3.25)$$

### • Contoh Kasus 2: Pertimbangan Phasing dan Staging dalam menghitung Kinerja Simpang Bersinyal

1. Ketika phasing dan staging dipisahkan, maka analisisnya harus dipisah (BUKAN PER LENGAN, namun PER PENDEKAT dan PER STAGING). Ini yang membedakan dengan analisis menggunakan MKJI 1997 (MASIH PER-LENGAN)
2. Contoh: Hitunglah waktu siklus optimal pada simpang bersinyal berikut.
3. Terdapat 3 fase: (1) utara-selatan (semua pergerakan), (2) timur-barat (lurus dan belok kiri), (3) timur-barat (belok kanan)
4. Waktu hilang = 2 detik

Pendekat	Arus (smp/jam)	Arus Jenuh (smp/jam hijau)
Utara, lurus dan belok kiri	678	1887
Utara, belok kanan	69	
Selatan, lurus dan belok kiri	637	1887
Selatan, belok kanan	87	504
Barat, lurus dan belok kiri	489	1951
Barat, belok kanan	398	1972
Timur, lurus dan belok kiri	484	1951
Timur, belok kanan	294	1972

Pendekat	Arus (smp/jam)	Arus Jenuh (smp/jam hijau)	y
Utara, lurus dan belok kiri	678	1887	0.36
Utara, belok kanan	69		-
Selatan, lurus dan belok kiri	637	1887	0.34
Selatan, belok kanan	87	504	0.17
Barat, lurus dan belok kiri	489	1951	0.25
Barat, belok kanan	398	1972	0.20
Timur, lurus dan belok kiri	484	1951	0.25
Timur, belok kanan	294	1972	0.15

- $Y_{\max} = (1)$  utara-selatan = 0.36, (2) timur-barat = 0.25, (3) timur-barat = 0.20
- Waktu siklus optimum ( $C_0$ ) =  $1.5 \times (3 \times 2) / [1 - (0.36+0.25+0.2)] = 121$  detik
- Waktu Hijau efektif di phase 1 =  $0.36 / 0.81 \times 121 = 36$  detik
- Waktu Hijau efektif di phase 2 =  $0.25 / 0.81 \times 121 = 25$  detik
- Waktu Hijau efektif di phase 3 =  $0.2 / 0.81 \times 121 = 20$  detik

• **Contoh Kasus 3: Fasilitas Early Cut Off and Late Start**

1. Simpang 4 lengan dengan arus lalu lintas per jam beserta arus jenuhnya sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut.
2. Sinyal diatur dengan 2 fase: timur-barat, dan utara-selatan
3. Terdapat fasilitas late-start pada pendekat timur
4. Waktu hilang ( $L$ ) = 2 detik

Pendekat	Arus (smp/jam)	Arus Jenuh (smp/jam hijau)
Barat, lurus dan belok kiri	400	1900
Barat, belok kanan	200	1600
Timur, semua pergerakan	700	1900
Utara, semua pergerakan	500	1900
Selatan, semua pergerakan	600	1900

• **Pertanyaan**

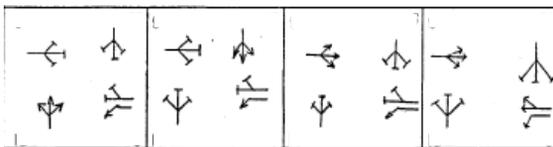
1. Gambarlah staging diagramnya
2. Tentukan waktu siklus optimal

Pendekat	Arus (smp/jam)	Arus Jenuh (smp/jam hijau)	y
Barat, lurus dan belok kiri	400	1900	0.21
Barat, belok kanan	200	1600	0.13
Timur, semua pergerakan	700	1900	0.37
Utara, semua pergerakan	500	1900	0.26
Selatan, semua pergerakan	600	1900	0.32

- $Y_{\max}$  timur-barat =  $\max (0.21, 0.13+ 0.37)$
- $Y_{\max}$  utara-selatan =  $\max (0.26, 0.32)$
- Waktu Siklus Optimal =  $1,5 L + 5 / 1 - Y = 1,5 \times (2 \text{ detik} \times 3 \text{ fase}) / 1 - (0.5 + 0.32) = 78 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif =  $78 - 6 = 72 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif di phase timur-barat =  $0.5/0.82 * 72 = 44 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif di phase utara-selatan =  $0.32/0.82 * 72 = 28 \text{ detik}$
- Waktu hijau pada barat belok kanan =  $0.13/0.5 * 44 = 11 \text{ detik}$
- Waktu hijau efektif pada barat, lurus dan belok kiri =  $44 - 11 = 33 \text{ detik}$

• **Contoh Kasus 4 (SILAHKAN DIKERJAKAN)**

1. Sinyal diatur dengan 4 fase: selatan, utara, barat, timur-barat
2. Terdapat fasilitas late-start pada pendekat timur
3. Waktu hilang (L) = 5 detik



Pendekat	Arus (smp/jam)	Arus Jenuh (smp/jam hijau)
Selatan, semua pergerakan	1522	6656
Utara, semua pergerakan	1310	6814
Barat, semua pergerakan	841	4398
Barat, semua pergerakan	530	4398
Timur, semua pergerakan	1210	2393

Pendekat	Arus (smp/jam)	Arus Jenuh (smp/jam hijau)	y
Selatan, semua pergerakan	1522	6656	0.23
Utara, semua pergerakan	1310	6814	0.19
Barat, semua pergerakan, stage 1	1041	4398	0.24
Barat, semua pergerakan, stage 2	530	4398	0.12
Timur, semua pergerakan	710	4393	0.16

- $Y_{\text{selatan}} = 0.23$
- $Y_{\text{utara}} = 0.19$
- $Y_{\text{barat}} = 0.24$
- $Y_{\text{max timur-barat}} = \max(0.12, 0.16)$
- Waktu Siklus Optimal =  $1,5 L + 5 / 1 - Y = 1,5 \times (5 \text{ detik} \times 3 \text{ fase}) / 1 - (0.23 + 0.19 + 0.24 + 0.16) = 124 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif =  $124 - 15 = 109 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif di phase selatan =  $0.23/0.77 * 109 = 31 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif di phase utara =  $0.19/0.77 * 109 = 26 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif di phase barat =  $0.19/0.77 * 109 = 32 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif di phase timur =  $0.16/0.77 * 109 = 22 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif di phase barat stage 1 =  $32 - 22 = 10 \text{ detik}$
- Waktu Hijau efektif di phase barat stage 2 =  $22 \text{ detik}$

• **Contoh Kasus 5:**

Apakah MKJI dapat menghitung kinerja lalu lintas dengan mempertimbangkan phasing dan staging?

## Kalibrasi MKJI

1. Bandingkan Panjang Antrian MKJI dengan Kondisi di Lapangan
2. Uji apakah sama/berbeda dengan uji statistik seperti t-test atau R square (errornya < 10%)
3. Rubah nilai emp, persamaan arus jenuh, maupun persamaan panjang antriannya
4. Bandingkan panjang antrian lapangan dengan hasil MKJI yang sudah dikalibrasi

**DOKUMEN PENDUKUNG**

# SIMPANG APILL

Menurut MKJI 1997

## PENDAHULUAN

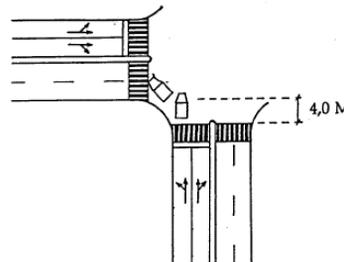
- Lampu lalu lintas merupakan alat pengatur lalu lintas yang mempunyai fungsi utama sebagai pengatur hak jalan pergerakan lalu lintas termasuk pejalan kaki di pertemuan jalan
- Tujuan diberlakukannya pengaturan dengan lampu lalu lintas adalah:
  1. Menciptakan pergerakan dan hak berjalan secara bergantian dan teratur
  2. Hirarki jalan bisa dilaksanakan: rute utama diusahakan untuk mengalami keterlambatan (delay) minimal
  3. Pengaturan prioritas (misalnya untuk angkutan umum) bisa dilaksanakan
  4. Mengurangi terjadinya kecelakaan
  5. Mengurangi tenaga polisi dan menghindarkan polisi dari polusi udara, kebisingan, dan resiko kecelakaan
  6. Memberi kesempatan kepada pengendara lain seperti pejalan kaki atau pesepeda untuk memotong jalan

- Untuk mencapai tujuan tersebut, APILL harus dirancang dan dioperasikan dengan benar supaya tidak menimbulkan:
  1. Terjadinya kelambatan (delay) yang tidak perlu
  2. Pelanggaran pengemudi di simpang ber APILL akibat dari delay yang tidak perlu tersebut
  3. Meningkatnya kecelakaan di simpang, khususnya rear end collision
  4. Kapasitas simpang menjadi berkurang akibat dari meningkatnya rasio antara waktu siklus dengan waktu hijau dikarenakan bertambahnya fase lampu lalu lintas
  5. Antrian menjadi panjang sehingga memboroskan bahan bakar dan meningkatkan polusi dan kebisingan
  
- Beberapa jenis kontrol dengan lampu lalu lintas:
  1. Terisolasi dan terkoordinasi
  2. Sistem waktu tetap (fixed-time system) dan sistem waktu yang mempunyai respon terhadap lalu lintas (responsive system)

- Contoh simpang terkoordinasi ([video](#))
  
- Keuntungan simpang ber APILL:
  1. Luas lahan yang diperlukan minimal karena tidak memerlukan luas pandang yang besar dan tata letaknya tidak memerlukan lahan yang luas (bandingkan dengan bundaran atau simpang dengan beda elevasi)
  2. Biaya relatif murah
  3. Fleksibel, bisa diubah-ubah tergantung jumlah arus
  
- Kerugian simpang ber APILL:
  1. Jika arusnya kecil, tundaan lebih besar dan probabilitas terjadinya kecelakaan juga besar karena akan banyak yang melanggar

- Hal-hal yang harus dipertimbangkan untuk memutuskan apakah suatu simpang perlu APILL atau tidak:
  1. Jumlah/volume kendaraan
  2. Kecepatan kendaraan
  3. Jumlah pejalan kaki dan penyeberang jalan
  4. Pertimbangan alternatif lain (simpang prioritas, simpang tak sebidang, bundaran, dll.)
  5. Kemungkinan koordinasi dengan lampu lalu lintas yang lain

- Ketika suatu simpang sudah diputuskan menggunakan suatu APILL, maka beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan adalah:
  1. Lajur membelok sebaiknya dibuat terpisah dari lajur terus, supaya tidak saling menghambat
  2. Bila lebar jalan di lengan-lengan simpang lebih dari 10 m, maka harus menggunakan median jalan untuk mengatur manuver arus dan memudahkan pejalan kaki menyeberang
  3. Marka penyeberangan pejalan kaki sebaiknya ditempatkan 3 – 4 meter dari garis lurus perkerasan
  4. Pemberhentian bus sebaiknya diletakkan setelah simpang, yaitu di tempat keluar dan bukan di tempat pendekat



## DEFINISI-DEFINISI DALAM SIMPANG BERSINYAL

- Stage: Periode waktu yang memberi hak berjalan suatu arus
- Waktu merah semua (all red) : waktu yang berada di antara beberapa stage yang memberi kesempatan agar pertemuan jalan terbebas dari konflik
- Waktu hijau tertayang: panjang waktu lampu hijau menyala
- Waktu antar hijau: waktu antara waktu hijau tertayang
- Waktu hijau efektif: panjang waktu hijau ketika kendaraan bisa melewati suatu simpang
- Suatu siklus disebut jenuh apabila pada akhir siklus (akhir nyala hijau) masih terdapat kendaraan yang antri

## SEJARAH SIMPANG BERSINYAL

- Di Inggris, pertama kali *traffic signal* dipasang adalah di Westminster pada tahun 1868. *Traffic Signal* tersebut dinyalakan dengan gas, namun demikian pada sejarah perkembangannya *traffic signal* tersebut dihapuskan karena adanya bahaya ledakan gas.
- Awal tahun 1918 di New York *traffic signal* dipakai lagi dengan pengoperasian manual, kemudian 7 tahun berikutnya *traffic signal* tersebut dipakai di Picadilly.
- Tahun 1926 dipakai *traffic signal* otomatis yang pertama kali di Inggris, *traffic signal* tersebut dipasang di Wolverhampton. Pada mulanya, keotomatisan hanya dipakai untuk penggantian nyala hijau dan merah, sehingga hal ini dirasa tidak dapat tepat untuk menggantikan seorang polisi yang dapat mengatur durasi warna hijau dan merah sesuai kondisi lalu lintas yang ada.

- Pada tahap berikutnya, traffic signal sudah mempunyai variasi dari durasi nyala hijau dan merah, sehingga pada tahap ini pemakaian traffic signal dapat disesuaikan untuk berbagai kondisi, misalnya pagi, siang, ataupun malam.
- Pada awal tahun 1930-an dilakukan berbagai usaha agar traffic signal dapat menyesuaikan berbagai kondisi arus lalu lintas dengan menciptakan suatu sistem sehingga traffic signal dapat merespon kendaraan secara individual.
- Berbagai cara yang dikembangkan adalah:
  1. Setiap kendaraan yang memasuki kawasan signal harus membunyikan klakson
  2. Hubungan secara elektris pada saat kendaraan melintas
  3. Dengan detektor *pneumatic tube*
  4. Dengan detektor induksi
  5. Dengan *loop detector* (sistem D) yang terletak 40 m sebelum *traffic signal*
  6. Dengan *microwave detector*

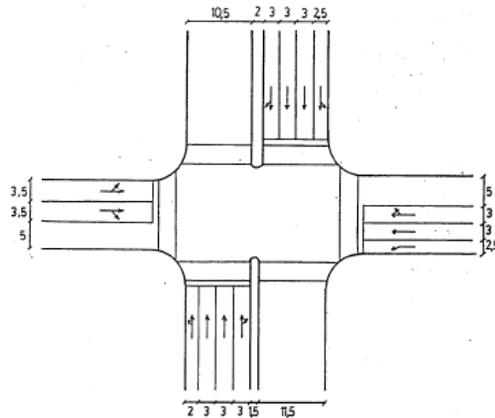
- Dalam simpang ber-APILL, prinsip dasar perhitungan yang harus dipertimbangkan meliputi:
  1. Geometrik Simpang
  2. Fase
  3. Arus lalu lintas yang dikonversi dengan nilai emp
  4. Arus Jenuh
  5. Waktu hijau dan Waktu siklus
  6. Kapasitas pendekat simpang
  7. Derajat jenuh
  8. Jumlah kendaraan antri
  9. Panjang antrian
  10. Angka henti dan Jumlah kendaran terhenti
  11. Tundaan

### 1. GEOMETRIK SIMPANG

- Geometrik simpang dipertimbangkan secara terpisah untuk setiap pendekat.
- Jika suatu pendekat terdapat belok kiri atau kanan langsung, maka di pendekat tersebut juga dipertimbangkan secara terpisah

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

o Contoh:

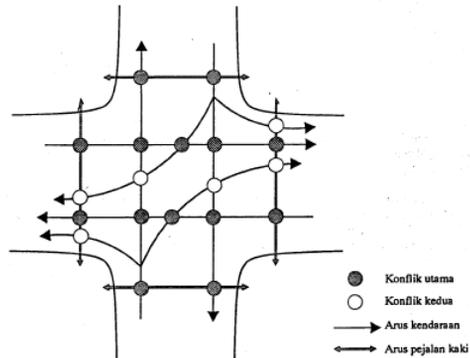


Kode pendekat	Tipe lingkungan jalan	Hambatan samping Tinggi/Pendak	Median Ya/Tidak	Kelandaian +/- %	Belok-kiri langsung kendaraan Ya/Tidak	Jarak ke parkir (m)	Lebar pendekat (m)			
							Pendekat	Masuk	Belok kiri lang-sung	Keluar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
U	COM	R	Y		T		11,5	11,5		11,5
S	RES	R	Y		T		11,0	11,0		10,5
T	RES	R	T		Y		8,5	6,0	2,5	5,0
B	RES	R	T		T		7,0	7,0		5,0

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

## 2. FASE

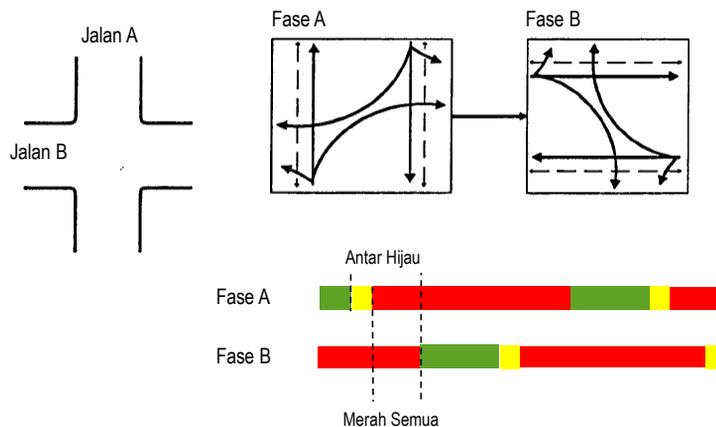
- Ada dua konflik di simpang:
  1. Konflik utama: konflik yang terjadi akibat gerakan lalu lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan
  2. Konflik kedua: konflik yang terjadi akibat gerakan membelok dari arus lalu lintas lurus melawan dan gerakan lalu lintas membelok dengan pejalan kaki yang menyeberang
- Contoh:



MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

27

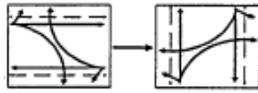
- Analisis konflik berpengaruh pada jumlah fase di suatu simpang bersinyal
- Jika hanya konflik utama yang dipisahkan, maka adalah mungkin untuk mengatur sinyal lampu lalu lintas hanya dalam dua fase.



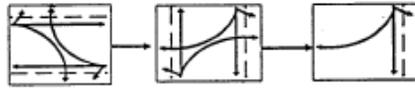
MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

28

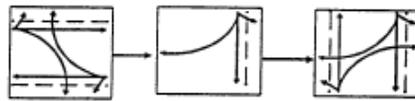
- o Untuk meningkatkan keselamatan berlalu lintas, maka digunakan lebih dari dua fase



1. Pengaturan dua fase, hanya konflik-konflik primer yang dipisahkan.



2. Pengaturan tiga fase dengan pemutusan paling akhir pada pendekatan Utara agar menaikkan kapasitas untuk belok kanan dari arah ini.

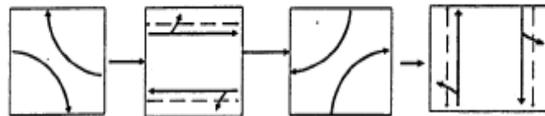


3. Pengaturan tiga fase dengan start-dini dari pendekatan utara agar menaikkan kapasitas untuk belok kanan dari arah ini.

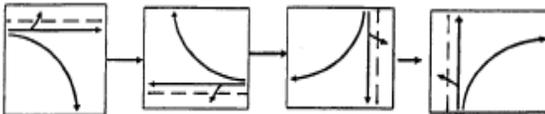


4. Pengaturan tiga fase dengan belok kanan terpisah pada salah satu jalan.

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simbang ber-APILL



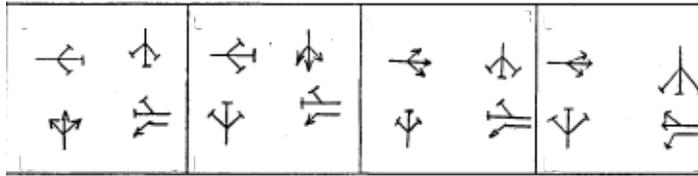
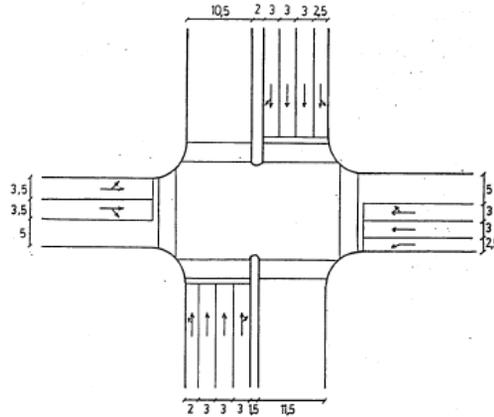
5. Pengaturan empat fase dengan belok kanan terpisah pada kedua jalan.



6. Pengaturan empat fase dengan arus berangkat dari satu-persatu pendekatan pada saatnya masing-masing.

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simbang ber-APILL

- o Contoh:



MZI - Teknik Lalu Lintas : Simbang ber-APILL

31

### 3. ARUS LALU LINTAS

- o Perhitungan dilakukan per satuan jam untuk satu jam atau lebih periode, misalnya didasarkan pada kondisi arus lalu lintas rencana jam puncak pagi, siang, dan sore
- o Arus lalu lintas untuk setiap gerakan (belok kiri, kanan, dan lurus) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekatan:	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simbang ber-APILL

32

- o Tipe Pendekat Terlawan dan Terlindung

Tipe pendekat	Keterangan	Contoh pola-pola pendekat
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah:  Jalan satu arah  Simpang T
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas
		Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas.

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

- o Contoh:

Kode Pendekat	Arah	ARUS LALU LINTAS KENDARAAN BERMOTOR (MV)											KEND. TAK BERMOTOR				
		Kendaraan ringan (LV)		Kendaraan berat (HV)		Sepeda Motor (MC)		Kendaraan bermotor total MV			Rasio berbelok		Arus UM	Rasio UMM/MV			
		emp terlindung = 1,0 emp terlawan = 1,0	emp terlindung = 1,3 emp terlawan = 1,3	emp terlindung = 0,2 emp terlawan = 0,4	kend/ jam	Terlindung	Terlawan	kend/ jam	Terlindung	Terlawan	jam	Terlindung	Terlawan	p lt	p rt	kend/ jam	Rms. (15)
U	LTA, TOR	49	49	49	7	9	9	19	4	8	75	62	66	0,05		0	
	ST	680	680	680	91	118	118	263	53	105	1034	851	903		4		
	RT	257	257	257	34	44	44	99	20	40	390	321	341	0,26	0		
	Total	986	986	986	132	171	171	381	77	153	1499	1234	1310		4	0,003	
S	LTA, TOR	152	152	152	6	8	8	35	7	14	193	167	174	0,11	2		
	ST	627	627	627	24	31	31	144	29	58	795	687	716		3		
	RT	554	554	554	21	27	27	127	25	51	702	606	632	0,42	2		
	Total	1333	1333	1333	51	66	66	306	61	123	1690	1460	1522		7	0,004	
T	LTA, TOR	428	428	428	25	33	33	224	45	90	677	506	551	0,43	10		
	ST	550	550	550	32	42	42	288	58	115	870	650	707		6		
	RT	21	21	21	1	1	1	11	2	4	33	24	26	0,02	1		
	Total	999	999	999	58	76	76	523	105	209	1580	1180	1284		17	0,011	
B	LTA, TOR	102	102	102	23	30	30	62	12	25	187	144	157	0,19	2		
	ST	321	321	321	71	92	92	194	39	78	586	452	491		6		
	RT	127	127	127	28	36	36	76	15	30	231	178	193	0,23	1		
	Total	550	550	550	122	158	158	332	66	133	1004	774	841		9	0,010	

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

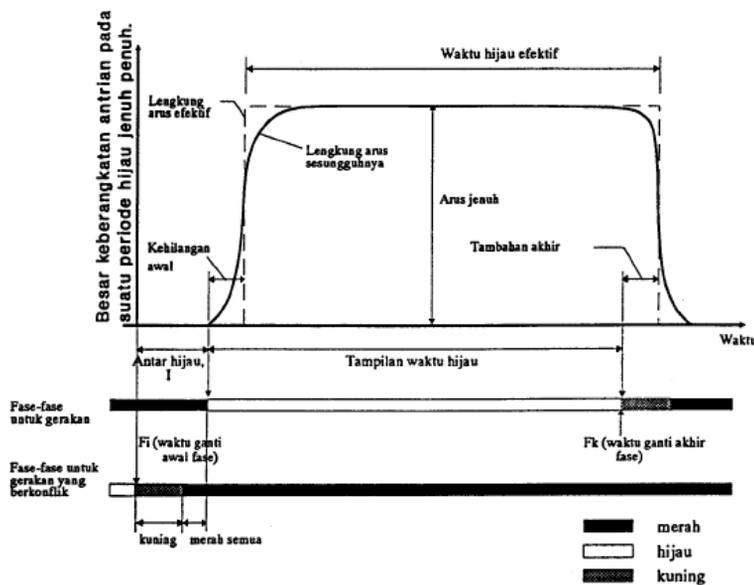
#### 4. ARUS JENUH PENDEKAT SIMPANG (S)

- Arus Jenuh: besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat (smp/jam hijau)
- Arus jenuh dihitung sebagai:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT}$$

Dimana:

$S_0$	=	Arus Jenuh Dasar
$F_{CS}$	=	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota
$F_{SF}$	=	Faktor Penyesuaian Hambatan Samping
$F_G$	=	Faktor Penyesuaian Gradien Jalan
$F_P$	=	Faktor Penyesuaian Parkir
$F_{RT}$	=	Faktor Penyesuaian Belok Kanan
$F_{LT}$	=	Faktor Penyesuaian Belok Kiri



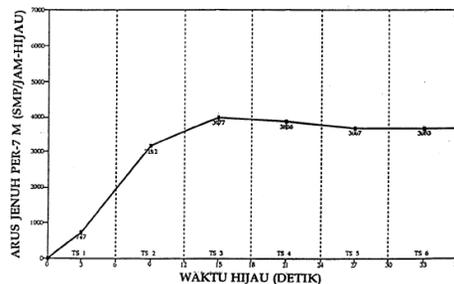
- Permulaan arus berangkat menyebabkan terjadinya “kehilangan awal” dari waktu hijau efektif
- Arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu “tambahan akhir” dari waktu hijau efektif
- Sehingga, lamanya waktu hijau efektif dapat dihitung dengan:

**Waktu hijau efektif = tampilan waktu hijau – kehilangan awal + tambahan akhir**

37

#### 4.1. ARUS JENUH DASAR ( $S_0$ )

- Dalam perhitungan, arus jenuh dianggap tetap selama waktu hijau.
- Dalam kenyataannya arus berangkat mulai dari 0 pada awal waktu hijau dan mencapai nilai puncaknya setelah 10-15 detk. Nilai ini akan menurun sedikit sampai akhir waktu hijau. Arus berangkat juga terus berlangsung selama waktu kuning dan intergreen sehingga turun menjadi 0.
- Contoh: Arus Jenuh yang diamati per selang waktu 6 detik



MZI - Teknik Lalu Lintas : Simping ber-APILL

38

- Berdasarkan MKJI 1997, untuk tipe lebar pendekat terlindung, arus jenuh dasar dihitung dengan rumus:

$$S_0 = 600 \times W_e$$

Dimana  $W_e$  adalah lebar jalan (meter)

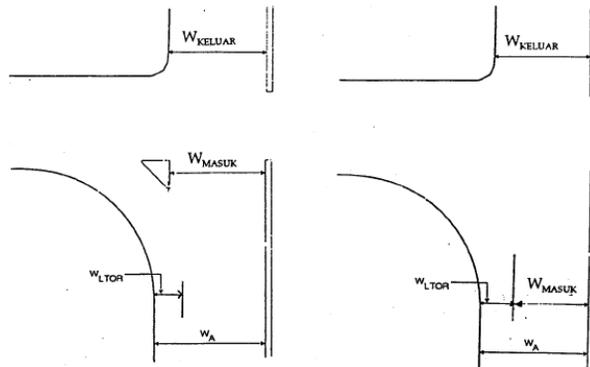
- Penentuan  $W_e$  adalah sebagai berikut:

#### A. Lebar Pendekat tanpa Belok Kiri Langsung (Tipe Terlindung)

$$W_e = W_{\text{MASUK}}$$

Jika  $W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - p_{\text{RT}} - p_{\text{LT}})$ , maka  $W_e = W_{\text{KELUAR}}$

Dan penentuan waktu sinyal untuk pendekatnya dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ( $Q = Q_{\text{ST}}$ )



**B. Lebar Pendekat dengan Belok Kiri Langsung**

Jika  $W_{L\text{TOR}} \geq 2 \text{ m}$ :  $W_e$  dihitung dengan  $\text{Min} [(W_A - W_{L\text{TOR}}), (W_{\text{MASUK}})]$

(Hanya untuk Pendekat tipe P) Jika  $W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - p_{\text{RT}})$ , maka  $W_e = W_{\text{KELUAR}}$ , dan penentuan waktu sinyal untuk pendekatnya dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ( $Q = Q_{\text{ST}}$ )

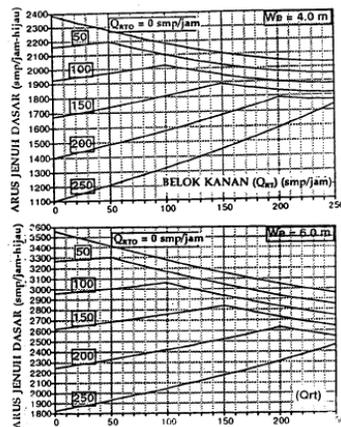
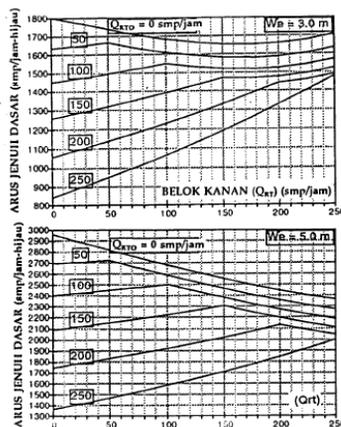
Jika  $W_{L\text{TOR}} < 2 \text{ m}$ :  $W_e$  dihitung dengan  $\text{Min} [(W_A), (W_{\text{MASUK}} + W_{L\text{TOR}}), (W_A \times (1 + p_{L\text{TOR}}) - W_{L\text{TOR}})]$

(Hanya untuk Pendekat tipe P) Jika  $W_{\text{KELUAR}} < W_e \times (1 - p_{\text{RT}} - p_{L\text{TOR}})$ , maka  $W_e = W_{\text{KELUAR}}$ , dan penentuan waktu sinyal untuk pendekatnya dilakukan hanya untuk bagian lalu lintas lurus saja ( $Q = Q_{\text{ST}}$ )

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

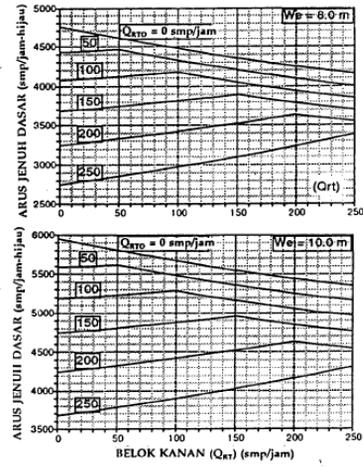
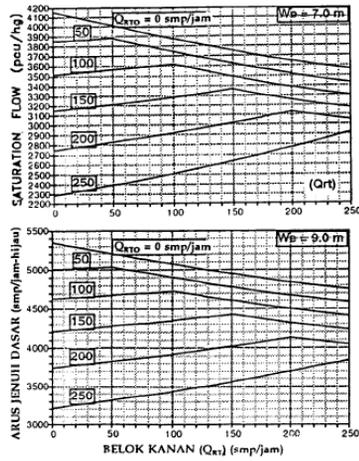
- o Untuk tipe lengan pendekat terlawan, arus jenuh dasar dihitung berdasarkan:

**A. Tanpa Lajur Belok Kanan Terpisah:**



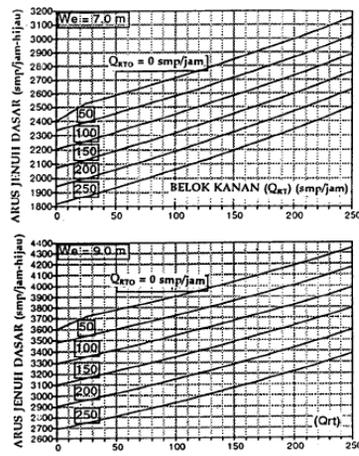
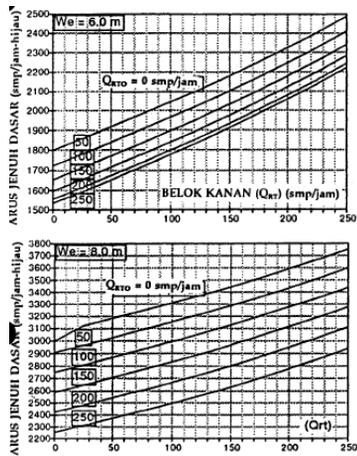
Ket:  
 $Q_{\text{RT}}$  = Arah diri,  $Q_{\text{RT0}}$  = Arah lawan

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

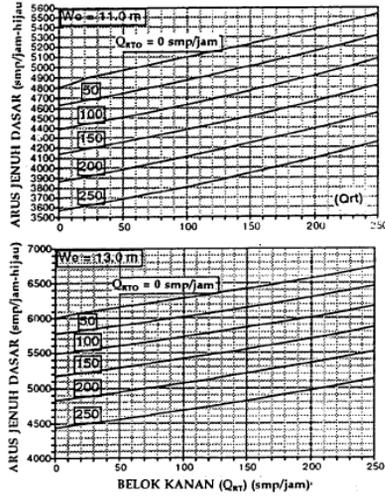
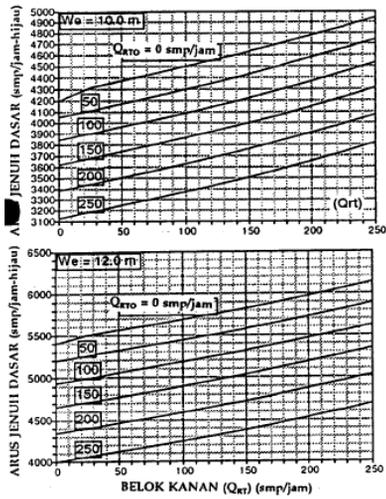


MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

**B. Dengan Lajur Belok Kanan Terpisah:**

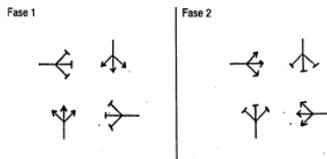


MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

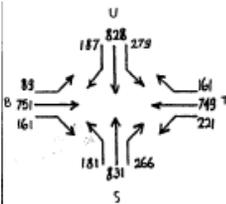


MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

- o Contoh:  
Suatu simpang dengan fase sebagai berikut:



- o Arus lalu lintas nya (sudah dalam smp/jam) adalah sebagai berikut:



- o Diketahui lebar efektif untuk setiap lengan adalah 9 meter, dan semua lengan mempunyai lajur belok kanan tersendiri
- o Hitunglah nilai arus jenuh dasar di masing-masing lengan pendekat simpang

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simpang ber-APILL

- o Jawab:

Lengan	Tipe Lengan	$W_e$	$Q_{RT}$	$Q_{RTO}$	$S_0$
U	O	9	187	266	3200
S	O	9	266	187	3650
T	O	9	161	161	3450
B	O	9	161	161	3450

- o Jika nilai  $W_e$  tidak ada dalam grafik, maka gunakan pendekatan sebagaimana contoh berikut:

Misal:

$$Q_{RT} = 125 \text{ smp/jam}$$

$$Q_{RTO} = 100 \text{ smp/jam}$$

$$W_e = 5,4 \text{ meter}$$

Maka:

S dengan  $W_e = 6$  adalah 3000

S dengan  $W_e = 5$  adalah 2440

Sehingga:

$$S \text{ dengan } W_e = 5,4 \text{ adalah } [(5,4 - 5) \times (3000 - 2440)] + 2440 = 2664$$

#### 4.2. FAKTOR PENYESUAIAN UKURAN KOTA ( $F_{CS}$ )

- o Pada faktor penyesuaian ini, tidak ada perbedaan antara tipe lengan simpang terlindung dan terlawan.
- o Ditentukan dengan menggunakan tabel berikut

Penduduk kota (Juta jiwa)	Faktor penyesuaian ukuran kota ( $F_{CS}$ )
> 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

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simping ber-APILL

49

#### 4.3. FAKTOR PENYESUAIAN HAMBATAN SAMPING ( $F_{SF}$ )

- o Ditentukan dengan menggunakan tabel berikut

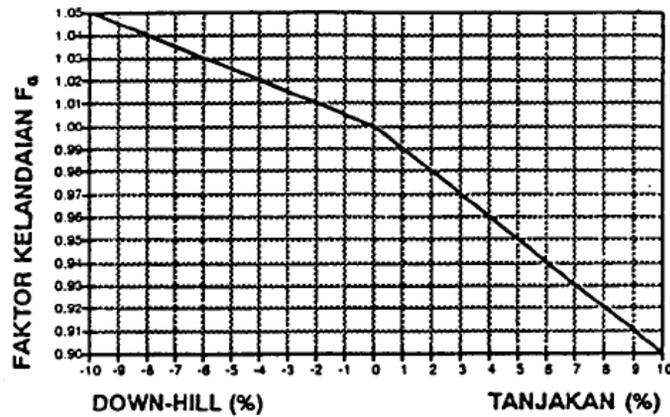
Lingkungan jalan	Hambatan sampung	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
		Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
		Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	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	0,89	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/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

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simping ber-APILL

50

#### 4.4. FAKTOR PENYESUAIAN GRADIEN JALAN ( $F_G$ )

- Ditentukan dengan menggunakan gambar berikut



#### 4.5. FAKTOR PENYESUAIAN KENDARAAN PARKIR ( $F_P$ )

- Ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_p = \frac{L_p}{3} \frac{(W_A - 2)x \left( \frac{L_p}{3} - g \right)}{W_A}$$

Dimana:

$L_p$  = Jarak antara garis henti dengan kendaraan yang diparkir pertama (m)

$W_A$  = Lebar pendekat (m)

$g$  = Waktu hijau pada pendekat

#### 4.6. FAKTOR PENYESUAIAN RASIO ARUS BELOK KANAN ( $F_{RT}$ )

- Faktor penyesuaian ini hanya untuk pendekat tipe P (terlindung), tanpa median, jalan dua arah, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk
- Hal ini karena, pada kondisi simpang tersebut di atas, kendaraan mempunyai kecenderungan memotong garis tengah jalan, sebelum melewati garis henti ketika menyelesaikan belokannya, sehingga menyebabkan peningkatan arus jenuh
- Dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{RT} = 1 + 0,26 \times p_{RT}$$

Dimana:

$p_{RT}$  adalah rasio kendaraan belok kanan

#### 4.7. FAKTOR PENYESUAIAN RASIO ARUS BELOK KIRI ( $F_{LT}$ )

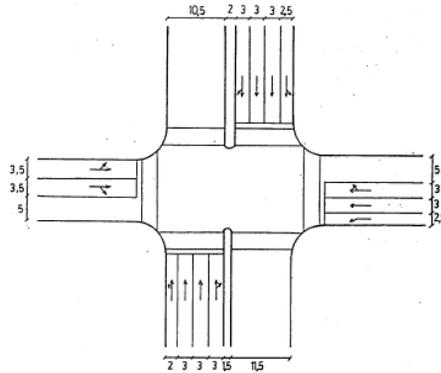
- Faktor penyesuaian ini hanya untuk pendekat tipe P, tanpa belok kiri langsung, dan lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk
- Hal ini karena, pada pendekat-pendekat terlindung tanpa penyediaan belok kiri langsung, kendaraan yang akan belok kiri cenderung melambat (pada saat nyala lampu hijau) sehingga mengurangi arus jenuh simpang
- Dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{RT} = 1 - 0,16 \times p_{LT}$$

Dimana:

$p_{LT}$  adalah rasio kendaraan belok kiri

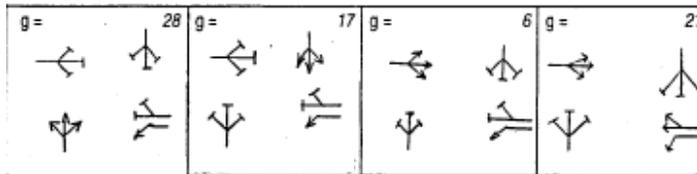
- Contoh Soal: Hitunglah nilai arus jenuh pada setiap pendekat simpang di suatu kota dengan jumlah penduduk 4 juta berikut ini



Kode pendekat	Tipe lingkungan jalan	Hambatan samping	Median	Kelandaian +/- %	Belok-kiri langsung Ya/Tidak	Jarak ke kendaraan parkir (m)	Lebar pendekat (m)			
							Pendekat	Masuk	Belok kiri lang-sung	Keluar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
U	COM	R	Y		T		11,5	11,5		11,5
S	RES	R	Y		T		11,0	11,0		10,5
T	RES	R	T		Y		8,5	6,0	2,5	5,0
B	RES	R	T		T		7,0	7,0		5,0

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simping ber-APILL

55

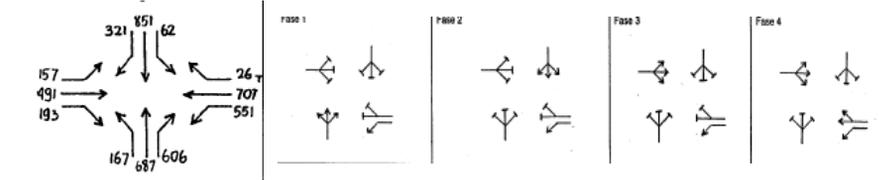


Kode Pendekat	Arah	ARUS LALU LINTAS KENDARAAN BERMOTOR (MM)										KEND. TAK BERMOTOR			
		Kendaraan ringan (LV)		Kendaraan berat (HV)		Sepeda Motor (MC)		Kendaraan bermotor total		Rasio berbelok		Arus UM	Rasio UMMV		
		kend/ jam	smp/ jam	kend/ jam	smp/ jam	kend/ jam	smp/ jam	kend/ jam	smp/ jam	p st	p nr	kend/ jam	Rms (15)		
U	LTA, TOR	49	49	7	5	19	4	75	62	66	0,05		0		
	ST	680	680			263	53	1034	851	903			4		
	RT	257	257	34	44	99	20	390	321	341	0,26		0		
	Total	986	986	132	171	381	77	1499	1234	1310			4	0,003	
S	LTA, TOR	152	152	6	8	35	7	193	167	174	0,11		2		
	ST	627	627	24	31	144	29	795	687	716			3		
	RT	554	554	21	27	127	25	702	606	632	0,42		2		
	Total	1333	1333	51	66	306	61	1690	1460	1522			7	0,004	
T	LTA, TOR	428	25			33	224	90	677	506	551	0,43		10	
	ST	550				42	288	115	870	650	707			6	
	RT	21				1	11	4	33	24	26	0,02		1	
	Total	999				76	523	209	1580	1180	1284			17	0,011
B	LTA, TOR	102				30	62	25	187	144	157	0,19		2	
	ST	321				92	194	78	586	452	491			6	
	RT	127				36	76	30	231	178	193	0,23		1	
	Total	550				158	332	133	1004	774	841			9	0,010

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simping ber-APILL

56

- o Jawab:



Kode pendekatan	Hijau dalam fase no.	Tipe pendekatan	Rasio kendaraan berbelok			Arus RT smp/j		Lebar efektif (m)	Arus jenuh smp/jam hijau														
			p <sub>LTOR</sub>	p <sub>LT</sub>	p <sub>RT</sub>	Q <sub>RT</sub>	Q <sub>RTD</sub>		Nilai dasar smp/jam hijau	Semua tipe pendekatan					Hanya tipe P					Nilai disesuaikan smp/jam hijau S			
										Ukuran kota	Hambatan samping	Kelandaian	Parkir	Belok kanan	Belok kiri	Rms (21)	Rms (22)	Rms (23)	Rms (24)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)
U	2	P		0,05	0,26			11,5	6900	1,05	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	6814						
S	1	P		0,11	0,42			11,0	6800	1,05	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	6656						
T	4	O	0,43		0,02	26	193	6,0	2350	1,05	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2393						
B	3	P		0,19	0,23			7,0	4200	1,05	0,97	1,00	1,00	1,05	0,97	4398							
B	4	O		0,19	0,23		193	26	7,0	3600	1,05	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	3667						
B	3/4	P/O															3829						

$$S_{3/4} = [(6 \times 4398) + (21 \times 3667)] / (6 + 21)$$

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simbang ber-APILL

57

## 5. WAKTU HIJAU DAN WAKTU SIKLUS

- o Waktu Hijau disimbolkan dengan g, sedang waktu siklus disimbolkan dengan c
- o Proses perhitungannya adalah sebagai berikut:
  1. Hitung rasio arus dengan rasio arus jenuh masing-masing pendekatan ( $FR = Q/S$ )  
Perlu diperhatikan bahwa:
    - a. arus belok kiri langsung (LTOR) tidak dimasukkan dalam nilai Q
    - b. jika suatu pendekatan mempunyai 2 fase, nilai Q dihitung sama seperti menghitung nilai S, yaitu dengan mempertimbangkan waktu hijauanya
  2. Jumlahkan nilai FR tertinggi di setiap fasenya = Nilai IFR
  3. Hitung rasio fase (PR) dengan cara membagi FR dengan IFR
  4. Hitung waktu siklusnya  

$$c = (1,5 \times \text{waktu hilang total} + 5) / (1 - \text{IFR})$$

MZI - Teknik Lalu Lintas : Simbang ber-APILL

58

5. Hitung waktu hijau

$$g = (c - \text{waktu hilang total}) \times PR$$

6. Hitung waktu siklus baru

$$c = \text{total waktu hijau} + \text{waktu hilang total}$$

- o Contoh Soal: Lanjutan dari soal sebelumnya

Lengan	Fase #	Tipe	S	LTOR	Q	FR = Q/S	PR	g
U	2	P	6814	T	1234	0,181	0,205	38
S	1	P	6656	T	1460	0,219	0,248	46
T	4	O	2393	Y	$707 + 26 = 733$	0,306	0,347	64
B	3	P	4398	T	774	0,176	0,199	37
B	4	O	3667	T	841	0,229		64
B	3/4	P/O	3829		826			101

$$\text{IFR} = 0,219 + 0,181 + 0,176 + 0,306 = 0,883$$

Waktu Hilang Total = Merah Semua Total + Kuning Total =  $(3 \times 2) + (3 \times 2) = 12$   
yang terdiri dari fase 1 ke 2, 2 ke 3, dan 4 ke 1

$$c = 1,5 \times 12 + 5 / (1 - 0,883) = 196,16$$

$$\begin{aligned}\text{waktu siklus baru} &= (38 + 46 + 64 + 37) + 12 \\ &= 185 + 12 = 197\end{aligned}$$

## 6. KAPASITAS PENDEKAT SIMPANG

- o Kapasitas pendekat simpang bersinyal dinyatakan sebagai berikut:

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

Dimana:

- C = Kapasitas (smp/jam)
- S = Arus Jenuh (smp/jam-hijau)
- g = Waktu hijau (detik)
- c = Waktu siklus

- o Contoh Soal: Lanjutan dari soal sebelumnya

Lengan	Fase #	S	g	C
U	2	6814	38	1314
S	1	6656	46	1554
T	4	2393	64	777
B	3	4398	37	
B	4	3667	64	
B	3/4	3829	101	1963

## 7. DERAJAT JENUH

- o Derajat jenuh dihitung dengan membagi arus lalu lintas dengan kapasitasnya  
 $DS = Q / C$
- o Jika perhitungan sudah benar, maka nilai DS antar pendekatan akan cenderung sama
- o Contoh Soal: Lanjutan dari soal sebelumnya

Lengan	Fase #	Q	C	DS
U	2	1234	1314	0,94
S	1	1460	1554	0,94
T	4	733	777	0,94
B	3			
B	4			
B	3/4	826	1963	0,42