



BAB 4: REKABENTUK PERSIMPANGAN

4.1 PENGENALAN

- ✚ Kapasiti ialah kadar aliran lalu lintas maksimum yang dapat melalui jalan raya dalam keadaan tertentu. Kapasiti berguna untuk menilai keadaan lalu lintas sedia ada atau kesan terhadap cadangan pembinaan jalan yang baru.
- ✚ Tujuan persimpangan adalah untuk mengawal aliran lalulintas.
- ✚ Rekabentuk persimpangan merupakan suatu aspek yang paling penting kepada jalan raya terutama sekali terhadap keselamatan dan kelicinan pergerakan trafik dari kesesakan dan kelewatan.

- ✚ Tujuan rekabentuk persimpangan adalah :
 - a. Mengoptimumkan aliran lalulintas dengan meminimumkan kelengahan.
 - b. Membolehkan kenderaan menukar arah pergerakan atau persimpangan.

4.2 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KAPASITI / MUATAN PERSIMPANGAN

- ✚ Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kapasiti jalan iaitu:
 - a. Ciri-ciri fizikal jalan raya. Contohnya lebar jalan, bilangan lorong jenis persimpangan dan lain-lain.
 - b. Rencaman lalulintas dan keupayaan kenderaan. Contohnya kandungan kenderaan berat dan jenis kenderaan.
 - c. Keadaan persekitaran. Contohnya cuaca, gangguan pejalan kaki dan letak kenderaan, ciri-ciri fizikal pemandu dan lain-lain.

- ✚ Dalam memilih rekabentuk yang sesuai bagi persimpangan, maka adalah perlu menitikberatkan beberapa perkara berikut:
 - a. Jumlah bilangan trafik untuk dikawal.
 - b. Keselamatan trafik dan kesan kepada pengguna terutama pejalan kaki .
 - c. Kelewatan yang dibenarkan (*allowable delay*) kepada trafik.
 - d. Kesesuaian kawasan untuk persimpangan.
 - e. Nilai statik dan kecantikan rekabentuk persimpangan.
 - f. Kos-faedah persimpangan itu.

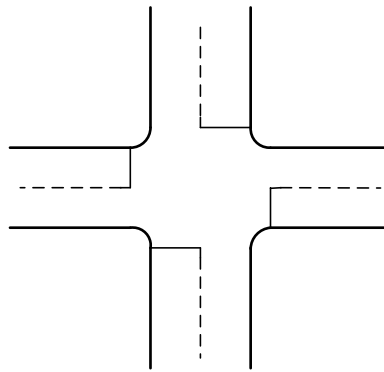
4.3 JENIS-JENIS PERSIMPANGAN

1) Persimpangan Separa

Persimpangan separa bermaksud persimpangan yang berada di paras yang sama. Persimpangan separa dikelaskan kepada beberapa jenis mengikut keupayaan dan cara pengendalian terhadap pergerakan trafik.

i. Persimpangan tanpa tandaan/kawalan

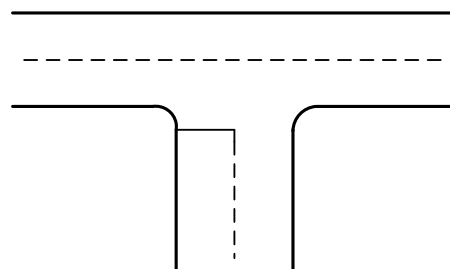
- ✚ Hanya digunakan bagi kemasukan aliran trafik yang kecil bilangannya.
- ✚ Ini biasanya di kawasan perumahan dan di jalan-jalan kecil di luar bandar di mana bilangan trafik adalah kurang dari 100 pcu/jam.



Rajah 4.1: Persimpangan tanpa tandaan/kawalan

ii. Persimpangan keutamaan.

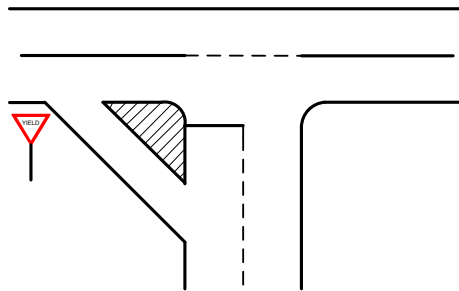
- ✚ Ia mengendalikan perjalanan trafik di persimpangan di mana terdapat laluan utama (*major route*) dan laluan kecil (*minor route*).
- ✚ Ia memberikan keutamaan kepada kenderaan dari laluan utama manakala kenderaan dari laluan kecil akan mengalah.
- ✚ Kenderaan di laluan kecil akan hanya dapat menggunakan jalan utama jika ada ruang masa. Ini akan menyebabkan kemungkinan berlakunya kelewatan dan kesesakan di jalan kecil.
- ✚ Kapasiti adalah bergantung kepada nisbah aliran trafik di jalan utama dengan jalan kecil.
- ✚ Pengendalian keutamaan dijalankan dengan dua cara iaitu:
 - ⌘ Menyediakan tanda **BERI LALUAN** di jalan kecil jika penglihatan antara kenderaan adalah di persimpangan yang baik.
 - ⌘ Menyediakan tanda **BERHENTI** di jalan kecil jika penglihatan adalah terganggu dan lemah.



Rajah 4.2: Persimpangan keutamaan

iii. Persimpangan keutamaan dengan penyaluran.

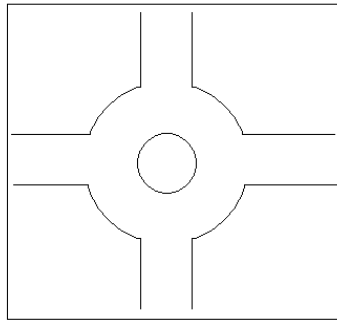
- ✚ Tujuan penyaluran adalah untuk memudahkan pergerakan trafik mengikut hala yang dirancang untuk:
 - ⌘ Menghasilkan perjalanan yang selamat sebelum pergerakan pisah, cantum dan silang.
 - ⌘ Menyusun kenderaan di kedudukan yang jelas penglihatan.
 - ⌘ Mengawal kelajuan kepada kenderaan yang selamat dalam perjalanan.
 - ⌘ Menghalang pergerakan membelok yang berleluasa.
 - ⌘ Mengutamakan laluan utama.
 - ⌘ Mengambil kira keselamatan pejalan kaki.
- ✚ Penyaluran di pasang samada dengan cara pulau pemisah (*Island*) atau bebendul jalan (*kerbing*) atau tanda aras jalan (*lane marking*).



Rajah 4.3: Persimpangan keutamaan dengan penyaluran

iv. Bulatan dengan lampu isyarat atau tanpa lampu isyarat.

- ✚ Terdapat di persimpangan antara jalan yang membawa bilangan trafik yang hampir sama bilangannya.
- ✚ Trafik akan berkongsi ruang untuk bergerak pada satu-satu masa.
- ✚ Amat sesuai di persimpangan tiga cabang dan juga di persimpangan empat cabang yang mempunyai bilangan trafik belok kanan (*right turning traffic*) yang tinggi.
- ✚ Persimpangan ini berupaya mengendalikan bilangan trafik yang sederhana banyak.
- ✚ Walau bagaimanapun, kelewatan dan kesesakan dijangka berlaku setelah bilangan kenderaan memasuki simpang mencapai tahap ketepuannya.



Rajah 4.4: Bulatan dengan lampu isyarat atau tanpa lampu isyarat

v. Persimpangan kawalan lampu isyarat.

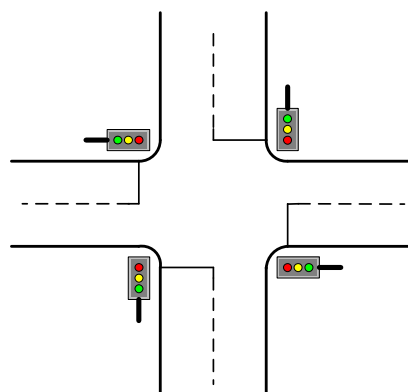
- ✚ Persimpangan ini berupaya mengendalikan bilangan trafik yang besar dan kecil dengan membahagi-bahagikan penggunaan persimpangan secara optima mengikut kehendak (*demand*) trafik dari setiap cabang.
- ✚ Hak laluan bagi satu aliran trafik diberikan secara bergilir-gilir oleh satu cara pengawalan.

✚ Kebaikannya :

- ⌘ Mengawal perjalanan trafik dengan betul.
- ⌘ Mengurangkan konflik di persimpangan.
- ⌘ Menjamin keselamatan pejalan kaki.
- ⌘ Menggunakan kawasan minima berbanding dengan bulatan.

✚ Keburukannya:

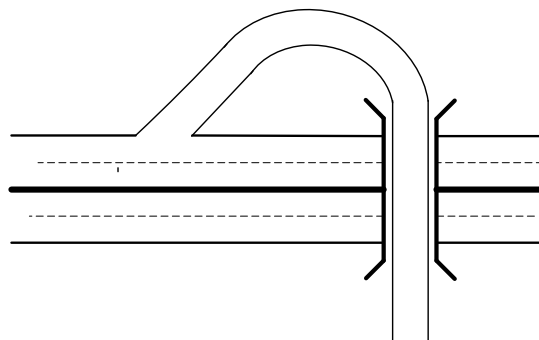
- ⌘ Persimpangan berlampu isyarat bergantung kepada bekalan elektrik yang berterusan.



Rajah 4.5: Persimpangan kawalan lampu isyarat

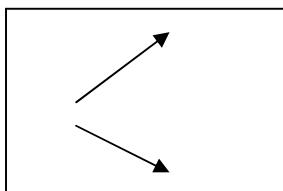
2) Persimpangan Berlainan Aras Atau Persimpangan Bertingkat.

- ✚ Dalam beberapa kes di mana bilangan trafik adalah terlalu tinggi, persimpangan separa tadi tidak akan berupaya mengatasi masalah kesesakan dan kelewatan trafik yang kritikal kepada keselamatan dan kelicinan pergerakan trafik.
 - ✚ Oleh itu, adalah penting untuk mengasingkan aliran utama atau aliran trafik yang bertembung di simpang ke paras yang berlainan dengan jambatan, jejantas, jejambat dan juga laluan bawah (*underpasses*).
 - ✚ Pergerakan trafik tidak terganggu kerana persimpangan jalan masuk berada di paras yang berlainan.
 - ✚ Persimpangan ini biasanya terdapat di lebuh raya dan kawasan padat dalam bandar yang dapat memberikan aliran trafik yang teratur dan cepat.
 - ✚ Kos pembinaannya adalah mahal.
- ✚ Contoh persimpangan bertingkat adalah seperti berikut:
- ⌘ *Viaduct*
 - ⌘ *Jejambat (Flyover)*
 - ⌘ Persimpangan bertingkat bunga cengkih/lawang
 - ⌘ Persimpangan *Tee/Trumpet*
 - ⌘ Persimpangan bertingkat *Diamond*
 - ⌘ Persimpangan bulatan bertingkat

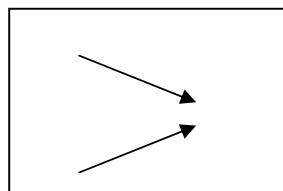


Rajah 4.6: Persimpangan bertingkat

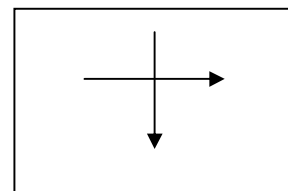
4.4 JENIS-JENIS PERGERAKAN DI PERSIMPANGAN



Pergerakan Pisah



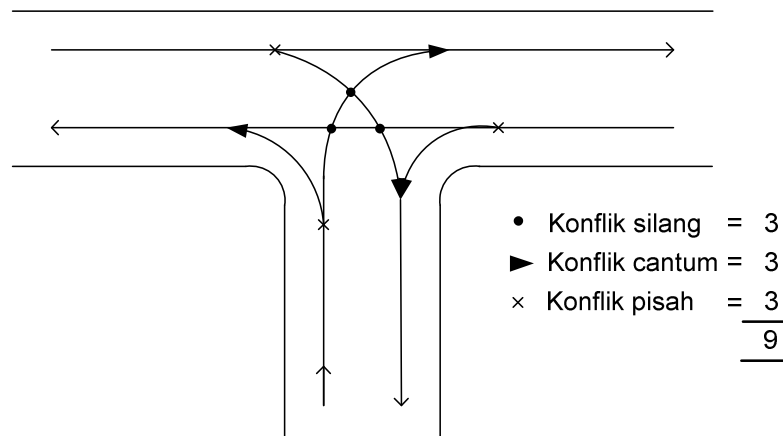
Pergerakan Cantum



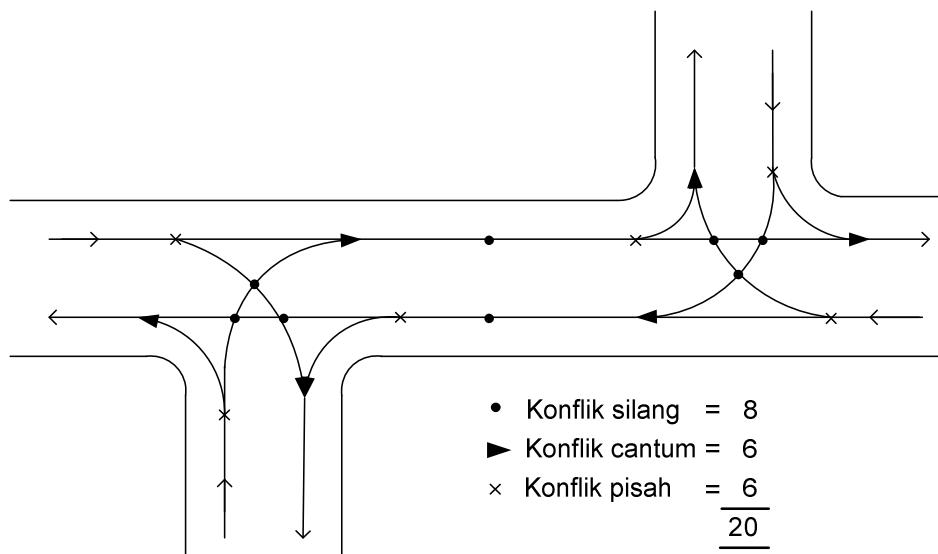
Pergerakan Silang

4.5 KONFLIK DI PERSIMPANGAN

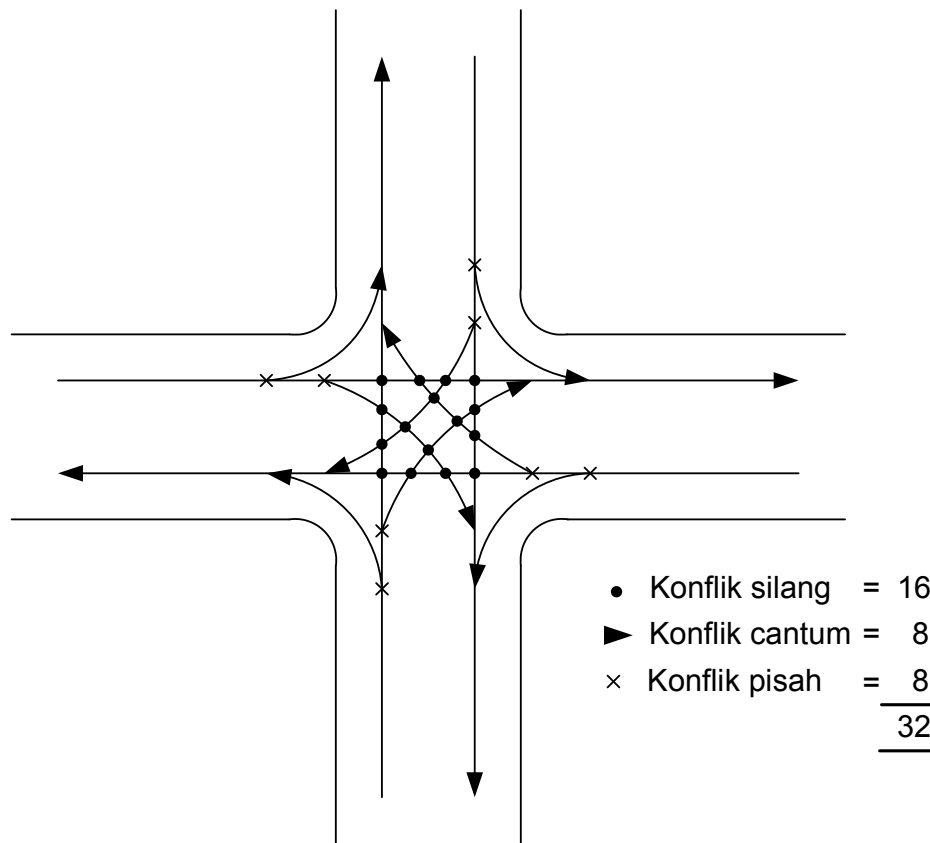
- ♪ Konflik ialah kemungkinan wujudnya pelanggaran antara kenderaan.
- ♪ Konflik disuatu persimpangan adalah bergantung kepada unsur pergerakan trafik dan halaju kenderaan.
- ♪ Kombinasi pergerakan (pergerakan cantum, pisah dan silang) ini mewujudkan pergerakan simpang siur di persimpangan dan seterusnya menghasilkan konflik-konflik yang berikut:
 - ⌘ Konflik cantum
 - ⌘ Konflik pisah
 - ⌘ Konflik silang
 - ⌘ Konflik yang terjadi dari gabungan konflik di atas



Rajah 4.7: Konflik di persimpangan cabang (Simpang Tiga)



Rajah 4.8: Konflik di Persimpangan Stagger (Persimpangan Tak Serentak)



Rajah 4.9: Konflik di Persimpangan 4 cabang (Simpang Empat)

4.6 CARA-CARA MENGURANGKAN KONFLIK DI PERSIMPANGAN

- ✚ Potensi jumlah konflik di persilangan bergantung pada:
 - ‡ Jumlah jalan tuju persilangan
 - ‡ Jumlah lorong di belakang garis berhenti
 - ‡ Jenis kawalan lalu lintas
 - ‡ Kadar penyaluran
 - ‡ Pergerakan arus lalu lintas yang dibenarkan
- ✚ Pada simpang empat biasa, iaitu selorong pada setiap arah, terdapat sejumlah 32 titik konflik. Jumlah konflik yang begitu banyak sangat membahayakan, tetapi boleh dikurangkan melalui kaedah pengurusan lalu lintas, seperti:
 - ‡ Menghalang kenderaan memusing ke kanan dari sebatang jalan tuju.
 - ‡ Menjadikan sebatang jalan sehala.
 - ‡ Menukarkan simpang empat menjadi persilangan tak serentak.

- ✚ Kaedah mengawal konflik yang lazim adalah melalui kawalan keutamaan dengan mengarahkan kenderaan di jalan **BERHENTI** atau **BERI LALUAN** kepada lalu lintas di jalan besar.
- ✚ Jika isipadu kenderaan di jalan besar sangat tinggi, kelengahan yang bersangatan mendorong teknik mengurangkan konflik dengan menyediakan bulatan dan lampu isyarat.
- ✚ Konflik boleh diminimumkan juga dengan menggunakan teknik penyaluran. Pada bulatan, konflik langsung dielakkan dengan menyalurkan kenderaan pada lorong tertentu dan menguatkuasakan peraturan **BERI LALUAN KEPADA KENDERAAN DARI KANAN**.
- ✚ Pada persilangan berlampu isyarat, konflik diminimumkan melalui susunan fasa yang bersesuaian.

4.7 FAKTOR- FAKTOR PEMILIHAN JENIS PERSIMPANGAN

Dengan adanya persimpangan, pemandu akan mengalami kelengahan di persimpangan kecuali bagi pemandu yang ingin bergerak terus dari jalan utama di persimpangan keutamaan. Terdapat beberapa jenis kelengahan iaitu kelengahan berbaris dan kelengahan geometri.

i. Kelengahan lalintas (perbarisan)

- ☞ Kelengahan berbaris ialah kelengahan yang dialami oleh pemandu disebabkan oleh interaksi kenderaan.
- ☞ Apabila permintaan aliran lalu lintas melebihi kapasiti persimpangan kadar aliran lalu lintas maksimum yang dapat ditampung oleh persimpangan, maka akan berlaku kelengahan.
- ☞ Fenomena amat ketara berlaku di bandar besar dan ianya berlaku pada waktu puncak.
- ☞ Pemilihan persimpangan akan mempengaruhi kelengahan.
- ☞ Persimpangan berbeza menghasilkan kelengahan berbaris yang berbeza.
- ☞ Oleh itu, dalam pemilihan jenis persimpangan, persimpangan yang menghasilkan kelengahan perbarisan minimum hendaklah dipilih.

ii. Kelengahan geometri

- ☞ Kelengahan geometri ialah kelengahan yang berlaku disebabkan oleh geometri persimpangan.
- ☞ Ia berlaku walaupun tiada kenderaan di persimpangan.
- ☞ Kelengahan geometri bergantung kepada geometri persimpangan dan kelajuan kenderaan iaitu pecutan dan nyah pecutan di persimpangan.
- ☞ Rekabentuk persimpangan yang baik akan mengurangkan kelengahan geometri.

iii. Kos operasi kenderaan di persimpangan

- ☞ Dalam pemilihan jenis persimpangan, kos disebabkan oleh kelengahan dan kos operasi hendaklah dipertimbangkan.

- ☞ Kos operasi kemderaan bergantung kepada kelajuan kenderaan, jarak perjalanan dan jenis persimpangan.
- ☞ Kos-kos yang harus diambil kira ialah kos petrol, tayar, penyenggaraan, susut nilai dan sebagainya disebabkan oleh adanya persimpangan.
- ☞ Selain daripada itu, kos-kos lain yang perlu dipertimbangkan ialah kos masa dan kos kemalangan.
- ☞ Di samping itu, faktor alam sekitar (kos hingar, pencemaran udara oleh pengeluaran gas dan asap kenderaan) dan aspek estetik hendaklah juga diambil kira dalam pemilihan jenis persimpangan.

iv. Faktor pengambilan tanah

- ☞ Sesetengah jenis persimpangan memerlukan ruang yang besar.
- ☞ Kos pengambilan tanah di bandar-bandar amat tinggi.
- ☞ Ini merupakan faktor penting dalam pemilihan jenis persimpangan.
- ☞ Kajian kos manfaat hendaklah dilakukan antara tahap aliran lalulintas yang akan ditampung oleh persimpangan dalam jangka masa hayat rekabentuk persimpangan dan kos penyediaan sesuatu jenis persimpangan.

4.8 LAMPU ISYARAT

- ✚ Lampu isyarat digunakan pada asasnya untuk mengawal konflik di antara pejalan kaki dan pemandu kenderaan.
- ✚ Ia membolehkan pejalan kaki melintas dan juga pemandu kenderaan berhenti dan bergerak tanpa menjejaskan kelancaran aliran lalulintas.
- ✚ Dengan menyelang-nyelikan hak laluan kepada beberapa pergerakan lalulintas, lampu isyarat memberikan pergerakan yang teratur kepada aliran lalu lintas yang banyak dan bercanggah.
- ✚ Lampu isyarat membolehkan kenderaan dari jalan minor bergerak dan melintasi persimpangan dengan selamat dimana pergerakan kenderaan yang banyak di jalan major.
- ✚ Penyelarasan sistem lampu isyarat yang bersebelahan membolehkan aliran lalu lintas bergerak dengan teratur dan berterusan.
- ✚ Pemasangan lampu isyarat beransur boleh digunakan untuk mengatur kelajuan kenderaan di jalan major.

- ✚ Tujuan pemasangan lampu isyarat diadakan:
 - 👂 Menjamin keselamatan dan kelancaran perjalanan di setiap persimpangan jalan raya.
 - 👂 Membantu penggunaan maksimum di persimpangan jalan di samping mengurangkan lengah dan konflik.
 - 👂 Boleh mengurangkan kekerapan berlakunya jenis kemalangan yang tertentu seperti pelanggaran bersudut tepat.
 - 👂 Untuk mengurangkan percanggahan supaya dapat mengurangkan potensi berlakunya kemalangan.

- 🔊 Untuk mengatur pergerakan lalu lintas dengan lebih baik supaya dapat mengurangkan kelengahan dan meningkatkan muatan.
- ✚ Fungsi lain lampu isyarat ialah:
 - 🔊 Menyediakan arahan perjalanan di persimpangan
 - 🔊 Mengurangkan konflik perjalanan
 - 🔊 Menambah keupayaan laluan di persimpangan
 - 🔊 Menyediakan masa laluan mengikut kesesakan lalu lintas
 - 🔊 Memberi keyakinan kepada pemandu untuk menggunakan jalan raya.
 - 🔊 Boleh diurus untuk menyediakan laluan berterusan terutama bagi jalan utama yang mempunyai banyak persimpangan. Kenderaan yang melalui persimpangan pertama akan terus mendapat lampu hijau untuk persimpangan kedua dan seterusnya.

4.8.1 Kebaikan dan Kelemahan Lampu Isyarat

- ✚ *Kebaikannya :*
 - ♪ Ia boleh menghasilkan aliran atau pergerakan lalu lintas yang teratur dan lancar.
 - ♪ Ia boleh memaksimumkan kapasiti pengambilan lalulintas oleh sesuatu jalan raya sekiranya langkah-langkah kawalan dan rangka geometri yang betul dilakukan.
 - ♪ Ia boleh mengurangkan kadar kemalangan terutamanya pada persimpangan jalan raya dan pejalan kaki.
 - ♪ Dalam keadaan normal, lampu isyarat boleh membantu menghasilkan aliran yang berterusan dengan kelajuan yang tertentu di sepanjang jalan yang dikehendaki.
 - ♪ Ia boleh diganggu untuk membenarkan lalulintas yang lain, kenderaan ataupun pejalan kaki, untuk melintas sekiranya berlaku kesesakan lalulintas atau kapasiti lalulintas adalah tinggi pada sesuatu jalan.
 - ♪ Lampu isyarat boleh mengurangkan penggunaan polis trafik dan ia adalah ekonomik.
 - ♪ Jika direkabentuk dengan baik, ia boleh memeberikan laluan kenderaan dari kanan dan tidak mengganggu aliran lalulintas.
- ✚ *Kelemahannya :*
 - ♪ Kesesakan lalulintas kerana rekabentuk masa kelengahan yang tidak sesuai dan berlebihan walaupun pada 'Off-Peak'.
 - ♪ Pemasangan lampu isyarat tidak pada tempatnya dan menggalakkan penggunaan melanggar peraturan lampu isyarat.
 - ♪ Pengguna akan menggunakan jalan raya yang tidak mampu menanggung kapasiti jalan raya yang tinggi akibat daripada pengguna cuba mengelakkan diri daripada 'bertembung' dengan lampu isyarat.
 - ♪ Apabila lampu isyarat tidak beroperasi ia boleh menjejaskan aliran lalulintas, mengakibatkan kesesakan lalulintas, kekecohan di antara pengguna dan masalah-masalah lain yang boleh mengakibatkan kemalangan dan sebagainya.

4.8.2 Kaedah menentukan jangka masa

- ✚ Penentuan jangka masa lampu isyarat adalah untuk memberi laluan kepada kenderaan tertentu dengan mengurangkan lengah pada kenderaan lain atau pejalan kaki. Ini dapat mengelakkan berlakunya kemungkinan kemalangan.
- ✚ Kaedah menentukan pemasangan lampu isyarat dan kaedah menentukan jangka masa boleh diperolehi daripada **Arahan Teknik (Jalan) (1) 11/87** dan **Arahan Teknik (Jalan) (2) 13/87**.

✚ Antaranya kriteria yang dinyatakan adalah seperti berikut :

i. *Jujukan*

- ♪ Jujukan atau turutan lazim lampu isyarat di Malaysia ialah Hijau – Kuning – Merah.

ii. *Pemfasaan*

- ♪ Kaedah pengawalan lalulintas menerusi lampu isyarat dengan menggunakan pengasingan masa dapat mengelakkan konflik arus lalulintas.
- ♪ Pengasingan arus lalulintas yang berkonflik mengikut peruntukan masa yang ditetapkan dikenali sebagai pemfasaan.
- ♪ Fasa lalulintas adalah sebahagian dariada masa kitar yang diperuntukan kepada satu atau lebih arus lalulintas yang berhak melalui persimpangan jalan.
- ♪ **Masa kitar 2 fasa** merupakan yang paling mudah digunakan, iaitu satu laluan adalah hijau dan satu laluan bersilang merah. Lalulintas diasingkan tetapi untuk pusing ke kanan mesti bergantung pada laluan yang bertentangan, iaitu hanya membelok jika tiada kenderaan dari arah bertentangan.
- ♪ **Masa kitar 3 fasa** akan digunakan jika belok ke kanan pada jalan utama mempunyai bilangan kenderaan yang banyak. Pada fasa ini, membelok ke kanan akan dibenarkan pada masa tertentu sahaja bagi jalan utama.
- ♪ **Masa kitar 4 fasa** juga adalah biasa digunakan terutama jika kedua-dua laluan mempunyai peratusan yang tinggi untuk belok ke kanan. Kedua-dua laluan mempunyai masa tertentu sahaja untuk belok ke kanan.

iii. *Faktor yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan Jangka Masa.*

♪ **Kerencaman lalulintas**

Disebabkan terdapat pelbagai saiz kenderaan yang menggunakan persimpangan, maka ia hendaklah disetarakan dengan unit kenderaan penumpang (*pcu-passenger car units*) seperti jadual di sebelah.

Jenis Kenderaan	Nilai Setara (pcu)
1 motorsikal	0.33
1 kereta	1.00
1 kenderaan berat	1.75
1 van ringan	2.00
1 bas dan lori berat	2.25
1 basikal	0.22

Jadual 4.1: Setara Pelbagai Jenis Kenderaan Relatif kepada Kenderaan Penumpang

♪ **Aliran Tepu (S)**

Aliran tepu ialah bilangan maksimum kenderaan yang dapat menyeberangi tanpa putus garis berhenti jalan masuk persimpangan semasa isyarat hijau yang berterusan. Unit aliran tepu ialah kenderaan penumpang per jam (*pcu/hour*).

Bagi mendapatkan nilai aliran tepu, S
 Apabila lebar jalan (*w*) > 5.5 m,
S = 525 W

Apabila lebar jalan (*w*) < 5.5 m,

Lebar jalan (m)	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50
Aliran tepu (<i>pcu/hr</i>)	1850	1875	1975	2175	2550	2900

Jadual 4.2: Menentukan Aliran Tepu, S

♪ **Kadar Penggunaan Persimpangan**

Untuk mendapatkan kadar penggunaan persimpangan (*Y*), kadar aliran berbanding aliran tepu pada sesuatu fasa (*y*) hendaklah dihitung terlebih dahulu.

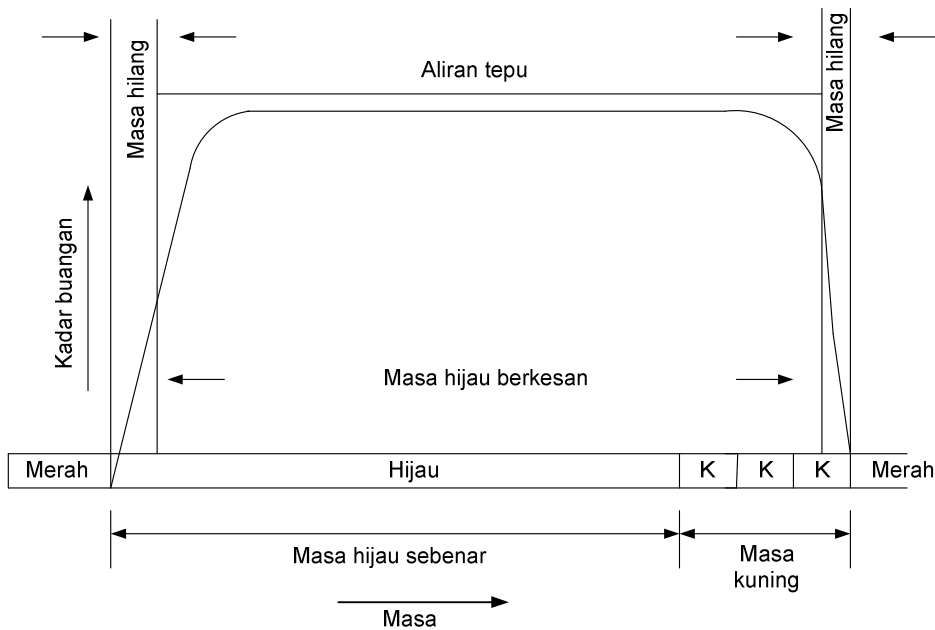
$y = q / S$ di mana,
y = kadar aliran berbanding aliran tepu
q = aliran sebenar lalu lintas (*pcu/hr*)
S = Aliran Tepu (*pcu/hr*)

Nilai *y* bagi fasa tertentu ialah nilai *y_{maks}* yang terbesar daripada mana-mana cabang dalam fasa itu. Oleh itu,

$$\text{Nilai } Y = y_{\text{maks}} \text{ fasa A} + y_{\text{maks}} \text{ fasa B} + \dots < 0.85 \text{ (ok)}$$

♪ **Masa hijau, Masa hijau berkesan dan Masa hilang**

Apabila lampu hijau menyala, kadar aliran lalulintas tidak bermula secara mendadak. Kenderaan awal memerlukan masa untuk memcut daripada rehat mendapat hak laluan. Beberapa saat selepas itu, barulah berlakunya aliran tepu pada fasa tersebut.



Rajah 4.10: Masa hijau, Masa hijau berkesan dan Masa hilang

Apabila muncul isyarat kuning, jumlah kenderaan menurun daripada aliran tepu menjadi sifar sebaik sahaja isyarat merah bermula. Bagi setiap fasa, ia mempunyai masa hilangnya sendiri dan jumlah semua masa hilang setiap fasa dikenali sebagai masa hilang (L). Masa hilang berlaku semasa permulaan dan semasa berhenti.

♪ Masa kitar optimum (C_o)

Masa kitar ialah gabungan masa yang diberikan pada setiap fasa lalu lintas termasuk masa hilang. Masa kitar biasanya adalah antara 45 saat sehingga 120 saat.

Masa kitar yang sepadan dengan purata kelengahan minimum di persimpangan dinamai masa kitar optimum (C_o), dimana

$$C_o = (1.5L + 5) / (1 - Y) \quad \text{di mana,}$$

C_o = masa kitar optimum

L = masa hilang

Y = jumlah y_{maks}

4.8.3 Rekabentuk Masa Kitar Lampu Isyarat

✚ Tandaan yang ditunjukkan oleh lampu isyarat dinamai aspek kawalan.

✚ Terdapat beberapa istilah yang digunakan dalam rekabentuk sistem kawalan lampu isyarat, iaitu:

- i. **Masa Hijau (g/G)**
Merupakan isyarat masa yang diperuntukkan untuk membolehkan kenderaan membuat pergerakan. Ia juga merupakan masa hijau yang ditunjukkan oleh kawalan lampu isyarat.
- ii. **Masa Merah (r)**
Ialah isyarat masa yang ditunjukkan oleh kawalan lampu isyarat bagi menghalang kenderaan membuat pergerakan.
- iii. **Masa kuning (a)**
Ialah masa kuning yang diperuntukkan untuk kenderaan oleh kawalan lampu isyarat bagi pemandu supaya bersedia berhenti atau memulakan pergerakan kenderaan. Biasanya masa kuning ialah 3 saat.
- iv. **Masa Kitar**
Ialah jumlah masa satu pusingan masa hijau, kuning dan merah bagi kawalan lampu isyarat. Masa kitar maksimum selalunya 2 minit dan masa minimum ialah 6 hingga 8 saat.
- v. **Masa antara Hijau (I)**
Ini ialah masa diantara berakhirnya masa hijau di satu fasa dan bermulanya masa hijau di fasa yang berikutnya. Biasanya masa antara hijau minimum ialah 5 saat atau 4 saat sekiranya menggunakan pengawal lampu moden. Jika terdapat aliran pejalan kaki yang tinggi di persimpangan, masa antara hijau boleh dilanjutkan.
- vi. **Masa Hilang (l)**
Ialah masa yang terbuang di persimpangan oleh kerana pertukaran fasa dan juga pergerakan kenderaan.
- vii. **Masa Hijau Berkesan (G)**
Ini ialah ruang masa yang ada bagi trafik bergerak dengan mengambilkira masa yang dicuri dari masa kuning dan masa yang hilang untuk mula bergerak. Nilai masa hijau berkesan boleh didapati dengan,

$$L = \Sigma l + \Sigma (I - a) \quad \text{di mana,}$$

l = masa terhilang setiap fasa
 I = masa antara hijau
 a = masa kuning

Setelah nilai L didapati, maka masa hijau berkesan, G bagi setiap pusingan ialah $G = C_o - L$

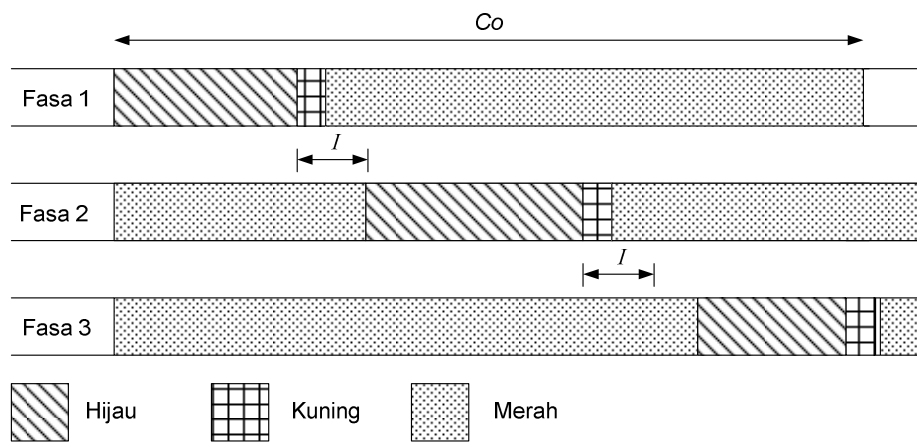
viii. Masa Hijau Sebenar (Actual Green Time)

Masa hijau berkesan diagihkan mengikut fasa berpandukan nilai nisbah aliran kritikal masing-masing iaitu y . Hijau setiap fasa diberikan sebagai:

$$G_i = G \times (y_i/y)$$

Kemudian nilai masa hijau sebenar bagi fasa berkenaan dikirakan sebagai berikut:

$$G = G_i + l - a$$



Gambarajah Masa

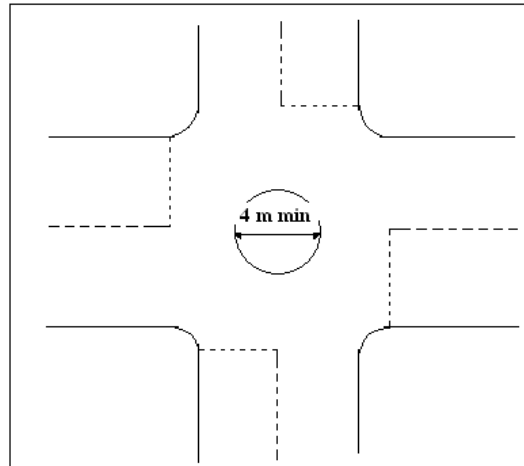
Rajah 4.11: Masa Hijau Sebenar (Actual Green Time)

4.9 BULATAN

- ✚ Bulatan dianggap sebagai siri persimpangan keutmaan yang jalan utamanya terdiri daripada satu arah.
- ✚ Bulatan beroperasi sebagai sistem pusingan satu hala di sekitar pulau tengah dan jalan masukan dikawal oleh tanda BERI LALUAN.
- ✚ Keutamaan diberikan kepada lalulintas yang bergerak dari kanan.
- ✚ Kecekapan operasi bulatan bergantung kepada keupayaan pemandu untuk bertindak balas terhadap ruang yang ada antara kenderaan di jalan keutamaan.
- ✚ Untuk pelbagai aras aliran lalulintas bulatan sesuai jika:
 - i. Muatan lebih besar jika dibandingkan dengan sistem persimpangan keutamaan.
 - ii. Keperluan untuk membuat pusingan – U (*U-turn*). Ini penting untuk pengurusan lalulintas.
 - iii. Terdapat aliran pusing kanan yang tinggi.
 - iv. Pertukaran jenis jalan (untuk mengurangkan kelajuan).

4.9.1 Jenis-Jenis Bulatan

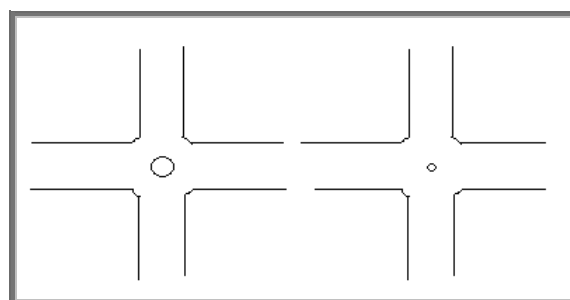
a. Bulatan Biasa



Rajah 4.12: Bulatan Biasa

- Mempunyai 3 atau 4 kemasukan.
- Ia selalunya mempunyai lorong kembangan.
- Mempunyai pulau yang berbulat di tengah yang mempunyai garis pusat melebihi atau bersamaan dengan 4m.
- Sesuai untuk pembinaan baru, persimpangan di hujung jalan empat lorong dua hala dan untuk menukar arah jalan baru di persimpangan.

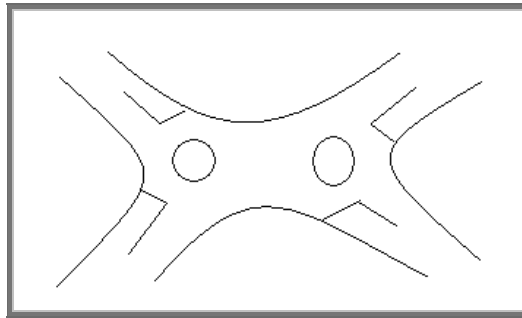
b. Bulatan Mini



Rajah 4.13: Bulatan Mini

- Garis pusat ialah antara 0 – 4m.
- Ia terletak di kawasan yang mempunyai kelajuan jalan tuju rendah (had laju 50 km/j).
- Bulatan mini sesuai untuk persimpangan di dalam bandar apabila ruang menjadi masalah.

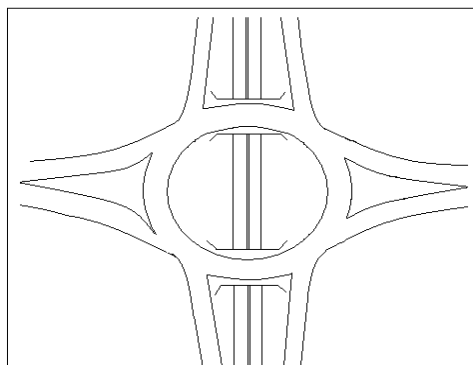
c. Bulatan Kembar



Rajah 4.14: Bulatan Kembar

- Merupakan dua bulatan biasa atau mini terletak di persimpangan yang sama atau bersebelahan yang dihubungkan dengan jalan pendek.
- Ia berguna untuk mengawal lalulintas yang mempunyai jalan tuju yang tidak simetri atau luar biasa.

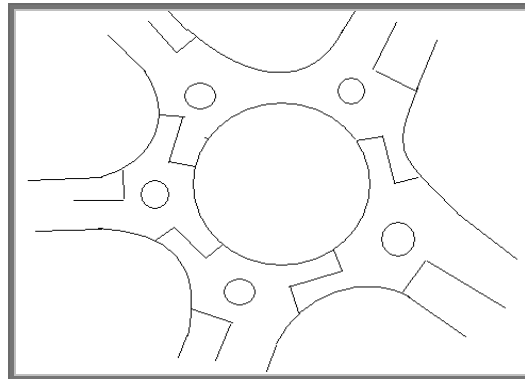
d. Bulatan Bertingkat



Rajah 4.15: Bulatan Bertingkat

- Ia membenarkan sekurang-kurangnya satu pergerakan lalulintas melalui persimpangan tanpa halangan manakala pergerakan lain dikawal oleh bulatan.
- Bulatan bertingkat sering digunakan di lebuhraya dalam bandar dan terdiri daripada jalan empat lorong dua hala.
- Ia juga sering diadakan di jalan berkapasiti tinggi dan kelajuan jalan tuju tinggi dan di tempat-tempat yang mempunyai aliran pejalan kaki tinggi.

e. Bulatan Berlingkaran



Rajah 4.16: Bulatan Berlingkaran

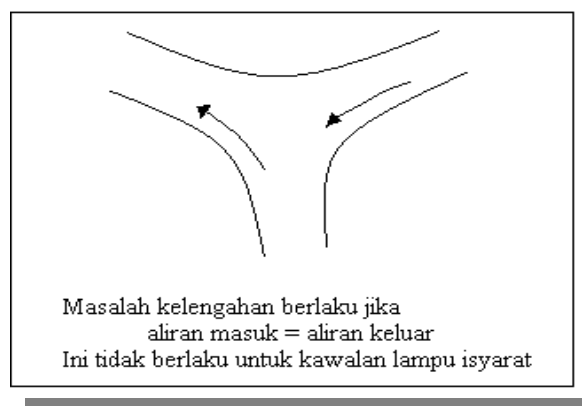
- Ialah merupakan sistem pusingan dua hala yang besar iaitu setiap jalan tuju disediakan dengan bulatan 3 – jalan tuju atau kawalan lampu isyarat.
- Ia sesuai pada setengah-setengah tempat untuk menyelesaikan masalah kawalan laulintas yang mempunyai masalah masukkan di tapak.

f. Bulatan Berlampu Isyarat

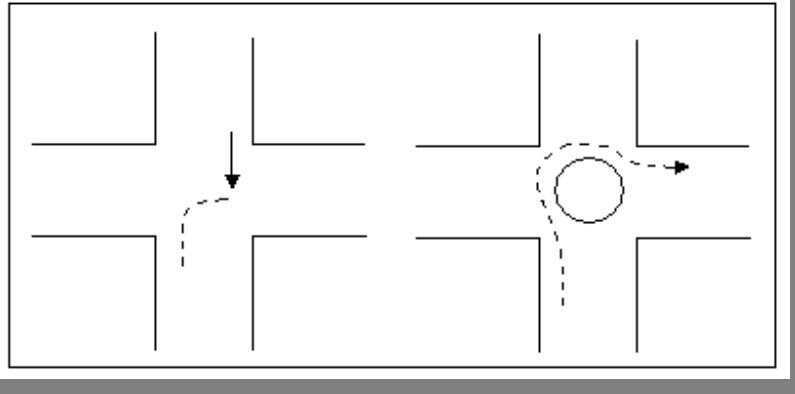
- Bulatan yang dikawal oleh lampu isyarat.
- Lalulintas yang memasuki persimpangan daripada satu atau lebih jalan tuju dikawal oleh lampu isyarat.
- Bulatan jenis ini telah dibuktikan boleh menambah kapasiti bulatan terutama waktu sesak yang mempunyai aliran lalulintas yang tinggi.

4.9.2 Perbandingan Di Antara Bulatan Dan Lampu Isyarat

- 1) Pengambilan tanah untuk bulatan selalunya memerlukan tanah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan lampu isyarat. Ini amat kritikal di kawasan bandar kerana kos tanah adalah mahal.
- 2) Bulatan tidak dapat beroperasi dengan cekap apabila aliran tidak seimbang.



- 3) Kenderaan yang membelok ke kanan memberikan masalah untuk kawalan lampu isyarat tetapi tidak memberikan masalah yang khusus bagi bulatan.



- 4) Kawalan lampu isyarat kurang cekap untuk persimpangan tiga arah juga untuk persimpangan yang mempunyai lebih daripada 5 arah jika dibandingkan dengan bulatan terutamanya untuk aliran lalulintas rendah. Masalah akan dihadapi untuk pejalan kaki dan penunggang motorsikal jika jenis kawalan lalulintas ialah bulatan.
- 5) Kawalan lalu lintas untuk bulatan kurang jika dibandingkan dengan kawalan lampu isyarat.
- 6) Masalah untuk skim kawalan lampu isyarat berkomputer dalam bandar. Bulatan digunakan dalam bandar akan memberikan masalah jika persimpangan di kawal oleh rangkaian kawalan lalulintas kawalan.

Jalan Lingkaran Tengah 1 ([bahasa Inggeris: Middle Ring Road 1](#)) atau singkatannya **MRR1** merupakan salah sebuah [jalan lingkar](#)an utama di [Kuala Lumpur](#), [Malaysia](#) yang membentuk "sempadan" bagi pusat bandar raya Kuala Lumpur. Ia juga dikenali sebagai **Skim Penyuraian Trafik Kuala Lumpur-Petaling Jaya, Jalan Tun Razak (Jalan Pekeliling), Lebuhraya Mahameru, Jalan Damansara, Jalan Istana dan Jalan Lapangan Terbang** oleh [Jabatan Kerja Raya](#). Jalan lingkaran ini sering mengalami kesesakan semasa [waktu puncak](#). Kini, jalan ini diselenggara oleh Dewan Bandaraya Kuala Lumpur.