

KAJIAN SISTEM LAMPU ISYARAT DAN PENGGUNAAN
SISTEM “ACTUATED”

Oleh

Fazilah Bt Mohd Jani

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam
Universiti Sains Malaysia

April 2006

PENGHARGAAN

Bersyukur saya ke hadrat Illahi, dengan limpah rahmatNya saya dapat menyiapkan projek tahun akhir saya yang bertajuk “Kajian Sistem Lampu Isyarat dan Penggunaan Sistem *Actuated*” yang telah dibincangkan.

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih diucapkan kepada penyelia projek ini iaitu Prof Madya Dr Ahmad Farhan Mohd Sadullah di atas segala tunjuk ajar dan nasihat yang telah diberikan sehingga projek ini selesai. Tunjuk ajar, nasihat serta idea-idea yang diberikan dalam menyiapkan projek ini amatlah dihargai. Ucapan terima kasih ini juga saya tujukan kepada En. Amar dari Majlis Perbandaran Seberang Perai yang banyak membantu dan memberikan kerjasama sepenuhnya kepada saya dalam menyiapkan projek tahun akhir ini.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada kedua ibubapa saya yang banyak memberi galakan dan dorongan untuk berjaya. Disamping itu juga tidak ketinggalan kepada sahabat-sahabat perjuangan terutama Sharishal Bin Edris yang banyak memberi bantuan semasa menjalankan kajian lapangan, kakak-kakak yang mengikuti program Ijazah Tinggi dari bahagian Penyelidikan HITEG, USM yang turut sama membantu dalam menyiapkan kajian projek ini. Akhir sekali, ucapan yang tak terhingga saya tujukan kepada semua yang terlibat dalam memberi pertolongan sama ada secara langsung atau tidak di sepanjang penyediaan kajian ini. Harapan saya semoga kajian ini dapat dijadikan rujukan dan digunakan pada masa akan datang.

ABSTRAK

Masalah kesesakan lalu lintas telah lama berlaku di negara kita yang kian pesat membangun. Antara faktor-faktor yang menyumbang kepada masalah ini ialah berlakunya ketidakseragaman dalam pemisahan ragam ke atas pilihan pengguna dalam menggunakan jalan raya. Bilangan kenderaan penumpang yang melebihi muatan jalan raya telah berlaku dan akibatnya kesesakan terjadi di sesuatu persimpangan terutama pada waktu puncak. Penggunaan lampu isyarat adalah satu kaedah yang digunakan untuk mengawal keadaan lalu lintas supaya kenderaan dapat bergerak dengan lancar apabila ingin menuju ke arah yang dikehendaki. Namun, penggunaan lampu isyarat pintar yang telah banyak diaplikasikan di Negara kita dikatakan dapat mengurangkan kesesakan lalu lintas terutama pada waktu puncak dan akan memberi laluan utama kepada jalan major berbanding minor. Kajian ini akan cuba ‘membongkar’ sejauh manakah kebenaran ini dan adakah penggunaannya lebih efisien berbanding lampu isyarat yang menggunakan masa kitar tetap. Kajian ini juga akan cuba menyelami lebih mendalam berkenaan lampu isyarat sistem actuated serta keberlesanan sistem ini pada jalan yang kurang sibuk disamping mengetahui kelebihan dan kekurangannya.

ABSTRACT

Congestion is a problem commonly faced by a fast-developing nation like Malaysia. A major factor that contribute to this problem is the inequilibrium of modal split for travelers on the road. The number of passenger cars which exceed the capacity of infrastructure resulting congestion at intersections especially during peak hours. The installation of traffic signal is one effective method to control traffic to ensure that all vehicles move smoothly trough the intersection. The utilization of Intelligent Traffic Light which system are increasingly becoming common in our country is believed to be reduce the traffic problem especially during the peak hour and will tackle the problems able to associated with major and minor roads. This research will try analyse how far this statement is true and whether the implementation of an actuated system is more efficient compared to the fixed time system. In this thesis also will try to find deeper the meaning of actuated signal system and the efficiency of this signal toward the traffic light intersections.

KANDUNGAN

MUKA SURAT

PENGHARGAAN		ii
ABSTRAK		iii
ABSTRCT		iv
KANDUNGAN		v
SENARAI RAJAH		viii
SENARAI JADUAL		ix
SENARAI LAMPIRAN		xi
BAB 1	PENDAHULUAN	
	1.1 Pengenalan Kajian	1
	1.2 Objektif Kajian	4
	1.3 Skop Kajian	4
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	
	2.1 Pengenalan	6
	2.2 Takrif dan Definisi	8
	2.2.1 Tahap Perkhidmatan	14
	2.3 Jenis-jenis Lampu Isyarat	17
	2.3.1 Lampu Isyarat Tertentu Masa	17
	2.3.1.1 Kelebihan Pengendalian Isyarat Tertentu Masa	18
	2.3.1.2 Kekurangan Pengendalian Isyarat Tertentu Masa	19

2.3.2	Lampu Isyarat Digerakkan Lalu Lintas <i>Actuated</i>	20
2.3.2.1	Isyarat Digerakkan Lalu Lintas Separuh	22
2.3.2.2	Isyarat Digerakkan Lalu lintas Penuh	23
2.4	Kelebihan Isyarat Sistem <i>Actuated</i>	24
2.5	Kekurangan Isyarat Sistem <i>Actuated</i>	25
2.6	Pemasaan Isyarat Sistem <i>Actuated</i>	26
BAB 3	METODOLOGI KAJIAN	
3.1	Pengenalan	28
3.2	Peringkat Pengumpulan Data Primer	30
3.2.1	Kajian Lapangan	30
3.3	Peringkat Pengumpulan Data Sekunder	33
3.3.1	Majlis Perbandaran Seberang Perai (MPSP)	33
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Profil Lokasi	34
4.1.1	Faktor Perdagangan dan Perindustrian	35
4.1.2	Keadaan Lalu Lintas	36
4.1.3	Permintaan daripada Penduduk Kawasan	37
4.2	Ciri-ciri Fizikal Lokasi	37
4.3	Keputusan Data Lapangan	41
4.3.1	Sebelum Pemasangan Lampu Isyarat Sistem <i>Actuated</i>	42
4.3.2	Selepas Pemasangan Lampu Isyarat Sistem <i>Actuated</i> Pada Waktu Puncak	47

4.3.3	Selepas Pemasangan Lampu Isyarat Sistem Actuated Pada Luar Waktu Puncak	51
4.4	Perbandingan Bilangan Kenderaan Mengikut Kelas	55
4.5	Penilaian Prestasi Kenderaan	57
4.5.1	Penilaian Prestasi Tahap Perkhidmatan, Kelengahan dan Darjah ketepuan	58
4.5.2	Masa Kitar dan Masa Hijau	63
BAB 5	CADANGAN DAN KESIMPULAN	
5.1	Pengenalan	67
5.2	Cadangan Menaik Taraf Prestasi Persimpangan	68
5.3	Kesimpulan	70
	RUJUKAN	
	LAMPIRAN	

SENARAI RAJAH

BIL	ISI KANDUNGAN	MUKA SURAT
Rajah 1.1	Peta Lokasi Kajian	4
Rajah 2.1	Gambarajah Aliran Tepu dan Masa Terhilang Di Persimpangan Berlampu Isyarat	12
Rajah 2.2	Kawalan Persimpangan Terpencil	22
Rajah 2.3	Isyarat Digerakkan Lalu Lintas Penuh	24
Rajah 3.1	Carta Alir Metodologi Kajian	29
Rajah 4.1	Gambaran Lokasi Persimpangan	35
Rajah 4.2	Ciri-ciri Fizikal Persimpangan Sebelum Pemasangan Lampu Isyarat	39
Rajah 4.3	Ciri-ciri Fizikal Persimpangan Selepas Pemasangan Lampu Isyarat Sistem Actuated	40
Rajah 4.4	Gambaran Pergerakan Aliran Kenderaan	57
Rajah 4.5	Sistem Fasa Bagi Pergerakan Lalu Lintas	63
Rajah 5.1	Cadangan Penambahbaikan Bagi Fasa C	69

SENARAI JADUAL

BIL	ISI KANDUNGAN	MUKA SURAT
Jadual 2.1	Hubungan Ketepuan dengan Lebar Jalan	13
Jadual 2.2	Tahap Perkhidmatan untuk Persimpangan	16
Jadual 3.1	Faktor Unit Kenderaan Penumpang	31
Jadual 4.1	Kenderaan dari Arah 1 yang Membuat Perjalanan Terus	43
Jadual 4.2	Kenderaan dari Arah 1 yang Membuat Perjalanan Memusing ke Kanan	43
Jadual 4.3	Kenderaan dari Arah 2 yang Membuat Perjalanan Terus	44
Jadual 4.4	Kenderaan dari Arah 2 yang Membuat Perjalanan Memusing ke Kiri	45
Jadual 4.5	Kenderaan dari Arah 3 yang Membuat Perjalanan Memusing ke Kanan	46
Jadual 4.6	Kenderaan dari Arah 3 yang Membuat Perjalanan Memusing ke Kiri	46
Jadual 4.7	Kenderaan dari Arah 1 yang Membuat Perjalanan Terus	47
Jadual 4.8	Kenderaan dari Arah 1 yang Membuat Perjalanan Memusing ke Kanan	48
Jadual 4.9	Kenderaan dari Arah 2 yang Membuat Perjalanan Terus	49
Jadual 4.10	Kenderaan dari Arah 2 yang Membuat Perjalanan Memusing ke Kiri	49
Jadual 4.11	Kenderaan dari Arah 3 yang Membuat Perjalanan	

	Memusing ke Kanan	50
Jadual 4.12	Kenderaan dari Arah 3 yang Membuat Perjalanan	
	Memusing ke Kiri	51
Jadual 4.13	Kenderaan dari Arah 1 yang Membuat Perjalanan Terus	52
Jadual 4.14	Kenderaan dari Arah 1 yang Membuat Perjalanan	
	Memusing ke Kanan	52
Jadual 4.15	Kenderaan dari Arah 2 yang Membuat Perjalanan Terus	53
Jadual 4.16	Kenderaan dari Arah 2 yang Membuat Perjalanan	
	Memusing ke Kiri	54
Jadual 4.17	Kenderaan dari Arah 3 yang Membuat Perjalanan	
	Memusing ke Kanan	54
Jadual 4.18	Kenderaan dari Arah 3 yang Membuat Perjalanan	
	Memusing ke Kiri	55
Jadual 4.19	Peraturan Penggunaan Kenderaan Mengikut Kelas	56
Jadual 4.20	Perbezaan Penilaian Prestasi	59
Jadual 4.21	Hubungan Tahap Perkhidmatan dengan Darjah Ketepuan	62
Jadual 4.22	Sistem Fasa pada Waktu Puncak	65
Jadual 4.23	Sistem Fasa pada Waktu Luar Puncak	65

SENARAI LAMPIRAN

BIL	ISI KANDUNGAN	LAMPIRAN
1	SYARAT-SYARAT PEMASANGAN LAMPU ISYARAT	A
2	GEOMETRI PERSIMPANGAN SEBELUM MENAIK TARAF	B
3	GEOMETRI PERSIMPANGAN SELEPAS MENAIK TARAF	B1
4	CARTA PAI (PECAHAN MENGIKUT KELAS KENDERAAN)	C
5	ATURCARA aaSIDRA 2.0-SEBELUM PEMASANGAN LAMPU ISYARAT	D
6	ATURCARA aaSIDRA 2.0-SELEPAS PEMASANGAN LAMPU ISYARAT PADA WAKTU PUNCAK	D1
7	ATURCARA aaSIDRA 2.0-SELEPAS PEMASANGAN LAMPU ISYARAT PADA WAKTU LUAR PUNCAK	D2

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN KAJIAN

Pulau Pinang merupakan sebuah bandar yang pesat membangun. Sebagaimana yang diketahui, sistem lalu lintas di negeri ini semakin sesak disebabkan pelbagai faktor yang mempengaruhinya seperti disebabkan oleh pembangunan ekonomi sosial setempat, faktor pelancongan, pusat pendidikan serta peningkatan taraf hidup rakyat.

Setiap hari dilaporkan isu kesesakan di Pulau Pinang terutama di jambatan dan di tengah-tengah bandar. Ini disebabkan jumlah kenderaan yang terdapat di negeri itu telah mencapai kapasiti jalan raya yang ada. Mengapa boleh berlaku fenomena sebegini? Sebenarnya keadaan ini terjadi adalah disebabkan oleh akibat ketidakseragaman dalam penggunaan kenderaan sendiri dan juga kenderaan awam. Pengguna jalan raya dikuasai oleh penggunaan kenderaan sendiri, maka ini telah menimbulkan masalah kepada lalu lintas di sana.

Peningkatan jumlah kenderaan di jalan raya telah memberi impak kepada keadaan lalu lintas dan masalah yang ketara dapat dilihat pada titik

konflik seperti persimpangan. Maka dengan ini, untuk menyelesaikan masalah pada persimpangan adalah dengan menggunakan lampu isyarat.

Lampu isyarat adalah salah satu cara untuk mengawal keadaan lalu lintas yang berada di persimpangan, di mana ia membenarkan kenderaan bergerak dari satu arah ke arah yang lain. Namun, dalam penggunaan sistem lampu isyarat yang lazim, penggunaannya adalah kurang efisien untuk persimpangan yang mempunyai jalan major dan jalan minor. Jalan major merupakan jalan utama yang mempunyai jumlah kenderaan yang banyak manakala jalan minor adalah jalan yang mempunyai isipadu kenderaan yang kurang. Apabila terdapat berbezaan dari segi jalan major dan minor, maka ini akan mengakibatkan ketidakseimbangan dari segi aliran dan pergerakan pada persimpangan. Dengan hanya menggunakan lampu isyarat tertentu masa, hak laluan antara jalan major dan jalan minor adalah tidak seimbang.

Dalam pembangunan dan kemajuan pada sistem lampu isyarat, terdapat satu lagi teknologi baru yang lebih efektif yang telah lama diaplikasikan oleh negara-negara barat iaitu sistem lampu isyarat tergerak kenderaan ataupun kenali sebagai sistem “actuated”. Kepentingan sistem ini adalah lebih kepada persimpangan yang mempunyai kadar aliran yang kurang sibuk dan aliran kenderaan yang sentiasa berubah-ubah. Dengan pengaplikasian sistem ini, masa kelengahan dapat dikurangkan pada arah perjalanan yang kurang sibuk.

Dalam bidang kejuruteraan awam, kepentingan penggunaan sistem “actuated” dilihat dari sudut keberkesanannya kepada pengguna jalan raya. Dalam memenuhi permintaan pengguna lalu lintas, ianya adalah satu teknologi dan kemajuan yang wajar dikembangkan supaya keadaan lalu lintas di sesuatu persimpangan tersebut akan menjadi lebih efisien.

Keberkesanannya adalah merujuk kepada persimpangan yang mempunyai kadar aliran perjalanan yang kurang sibuk dan juga keadaan di waktu malam. Apabila persimpangan tersebut menggunakan masa kawalan tetap, kenderaan mungkin terpaksa menunggu lebih lama di sesuatu persimpangan walaupun tiada kenderaan yang dapat dikesan pada fasa lain. Kebolehan sistem “actuated” ini adalah untuk mengubah fasa masa lampu isyarat mengikut aliran lalu lintas. Keutamaan pergerakan kenderaan akan diberikan kepada jalan major dan apabila terdapat kenderaan yang hadir pada persimpangan pada jalan minor, hak laluan akan ditukar kepada jalan minor tersebut.

Maka, dengan itu sistem “actuated” ini dikatakan wajar dipasang pada persimpangan yang mempunyai hak laluan yang berubah-ubah. Kajian ini dijalankan adalah untuk mengetahui sejauh mana keberkesanan penggunaan sistem “actuated” ini pada persimpangan yang mempunyai hak laluan yang sentiasa berubah-ubah.

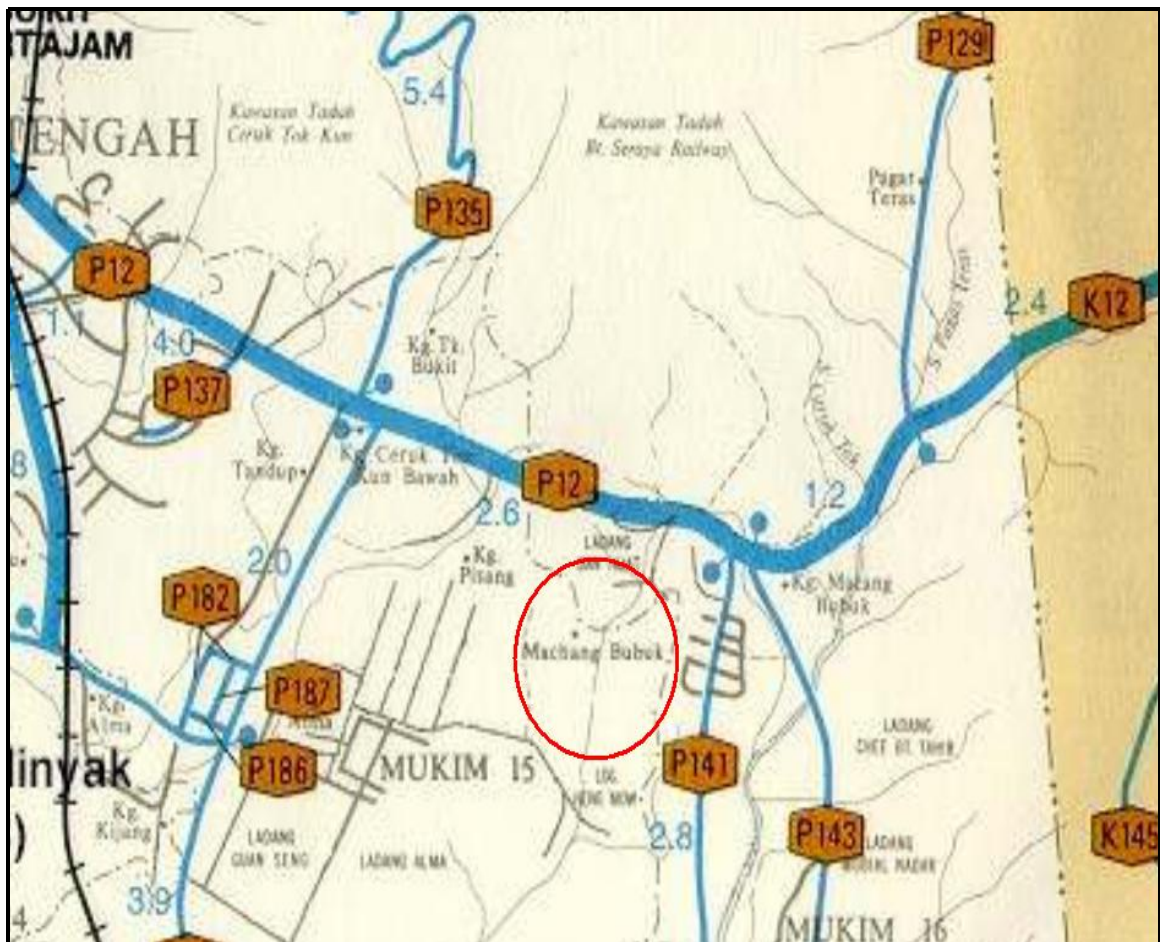
1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Dalam membuat kajian berkenaan lampu isyarat dan sistem “actuated” ini, terdapat beberapa tujuan atau objektif yang hendak dicapai pada akhir kajian. Antara objektif yang ingin dicapai adalah seperti berikut:

- i. Mengkaji dengan lebih mendalam apakah yang dimaksudkan dengan lampu isyarat dan sistem “actuated” serta jenis-jenisnya.
- ii. Mengkaji keberkesanan sistem ini di kawasan aliran lalu lintas yang tidak sibuk.
- iii. Mengkaji kelemahan serta kelebihan yang ada dalam sistem “actuated”.

1.3 SKOP KAJIAN

Skop kajian meliputi kawasan persimpangan Jalan Machang Bubuk / Jalan Besar / Jalan Kulim Bukit Teh, Bukit Mertajam, Seberang Perai Tengah, Pulau Pinang. Kawasan kajian ini telah dipilih atas kerjasama daripada pihak Majlis Perbandaran Seberang Perai (MPSP). Kawasan kajian ini merupakan simpang tiga yang akan diletakkan lampu isyarat oleh pihak MPSP. Maka, kajian sebelum dan selepas pemasangan lampu isyarat boleh dilakukan. Lokasi kajian adalah seperti yang ditunjukkan dalam peta pada Rajah 1.1.



Rajah 1.1 Peta Lokasi Kajian
Sumber: Jabatan Kerja Raya Pulau Pinang, 1990

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 PENGENALAN

Lampu isyarat merupakan satu alat kawalan lalu lintas di persimpangan yang begitu popular digunakan pada masa kini. Menurut Garret Morgan, (1922) lampu isyarat dapat berfungsi untuk menggerakkan lalu lintas di sesuatu persimpangan yang mempunyai aliran lalu lintas yang banyak dan dalam konflik dengan lebih teratur. Ini sekaligus dapat mengurangkan risiko berlakunya kemalangan di persimpangan. Oleh kerana aliran lalu lintas yang berada di jalan major adalah tinggi, maka lampu isyarat digunakan di persimpangan untuk membolehkan lalu lintas di jalan dapat bergerak dan melintasi ke jalan major dengan selamat.

Walau bagaimanapun, terdapat beberapa kelemahan pada lampu isyarat iaitu, penggunaannya kadangkala menyebabkan kelengahan terutama apabila aliran adalah sedikit, dan ini melambatkan pergerakan kenderaan. Selain itu, penggunaan lampu isyarat dapat meningkatkan pelanggaran di bahagian belakang dan jika lampu isyarat mengalami kerosakan, keadaan lalu lintas di persimpangan tersebut akan menjadi kelam kabut dan tidak teratur.

Dengan peningkatan penggunaan kenderaan bermotor, maka timbullah beberapa masalah pergerakan di persimpangan yang disebabkan lampu isyarat tidak dapat memenuhi permintaan aliran lalu lintas. Maka, dengan ini telah pun wujud pelbagai sistem penggunaan lampu isyarat yang lebih efisien dan dapat memenuhi permintaan aliran dengan mengubahsuai pemasaan isyarat berdasarkan kehadiran kenderaan di sesuatu persimpangan.

Ianya dikenali sebagai sistem isyarat digerakkan lalu lintas atau lebih dikenali sebagai *actuated system*. Kawalan lampu isyarat sistem *actuated* ini telah lama diperkenalkan sejak awal 1930-an dimana perlaksanaan dalam pengoperasian dalam satu koordinasi kawalan sistem *actuated* di persimpangan kebanyakannya bergantung kepada keadaan trafik dan juga parameter-parameter pemasaan pada sistem kawalan tersebut. Perancangan yang sempurna dalam merekabentuk lampu isyarat sistem kawalan *actuated* ini akan memberi kesan yang bersesuaian dengan permintaan trafik dan dapat mengurangkan kelengahan di persimpangan dan penggunaan bahan bakar.

Oleh yang demikian, apabila lampu isyarat sistem kawalan *actuated* ini diperkenalkan, maka bermulalah kajian-kajian ke atas keberkesanan penggunaannya. Selain itu, kajian dilaksanakan untuk melihat pengaruh trafik dengan kehadiran dan pemergian sesuatu kenderaan di satu persimpangan yang mempunyai sistem kawalan *actuated*.

2.2 TAKRIF DAN DEFINISI

Berikut adalah parameter dan definisi dalam kejuruteraan trafik dan lalu lintas yang digunakan dalam kajian lampu isyarat sistem kawalan lampu isyarat ini:-

- **MASA HIJAU**

Masa hijau boleh ditakrifkan sebagai masa yang diperlukan oleh kenderaan untuk membuat pergerakan pada sesuatu persimpangan.

- **MASA MERAH**

Masa merah merupakan isyarat yang diberikan untuk menghalang kenderaan daripada membuat pergerakan di sesuatu persimpangan.

- **MASA KUNING**

Masa kuning pula boleh ditakrifkan sebagai isyarat yang diberikan supaya kenderaan sedia berhenti. Masa kuning selalunya adalah 3 saat.

- **MASA KITAR**

Jumlah masa satu pusingan masa hijau, merah dan kuning bagi kawalan lampu isyarat. Masa kitar maksimum selalunya 2 minit dan masa minimum ialah 6 hingga 8 saat.

- **MASA ANTARA HIJAU**
Merupakan masa antara satu fasa hilang hak laluan dan fasa berikutnya memperoleh hak laluan, iaitu masa antara habis waktu hijau pada satu fasa dan bermulanya waktu hijau untuk fasa berikutnya.
- **MASA HILANG**
Masa yang terbuang di persimpangan oleh kerana pertukaran fasa dan juga oleh pergerakan kenderaan (untuk pecutan dan nyah pecutan).
- **FASA**
Satu bahagian isyarat masa kitar yang diberikan kepada pergerakan lalu lintas yang menerima hak laluan secara serentak semasa satu atau lebih jeda.
- **JEDA**
Satu bahagian diskret kitar isyarat yang kitar isyaratnya tidak berubah.
- **OFSET**
Perbezaan masa diantara permulaan penunjuk hijau dalam satu fasa dengan permulaan penunjuk hijau pada simpang yang berdekatnya.
- **PEMASAAN**
Panjang kitar dan juga pengagihan masa-masa hijau untuk tiap-tiap fasa yang telah ditentukan.

- **KELENGAHAN**

Merupakan masa yang hilang semasa lalu lintas digalang oleh beberapa unsur yang tidak dapat dikawal oleh pemandu.

- **ALIRAN TEPU**

Kadar maksimum aliran iaitu bilangan kenderaan kenderaan yang boleh melintas garisan berhenti di persimpangan jalan apabila lampu isyarat mendapat waktu hijau yang berterusan dan terdapat perbarisan kenderaan yang berterusan.

- **MASA PUNCAK**

Masa perjalanan yang mempunyai aliran optimum yang bergantung kepada beberapa faktor seperti waktu pagi, waktu petang, perubahan musiman dan bulanan (waktu perayaan, kawasan pelancongan, cuti sekolah) dan sebagainya.

- **MASA LUAR PUNCAK**

Masa perjalanan yang mempunyai aliran yang konsisten yang tidak disebabkan oleh faktor-faktor seperti di atas.

- **PERMINTAAN**

Permintaan dalam perjalanan timbul daripada keperluan manusia untuk bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain untuk menjalankan aktiviti

kehidupan harian mereka. Ianya bergantung kepada faktor- faktor seperti lokasi, sifat sistem yang wujud dan ciri-ciri demografik dan sosio ekonomi penduduk.

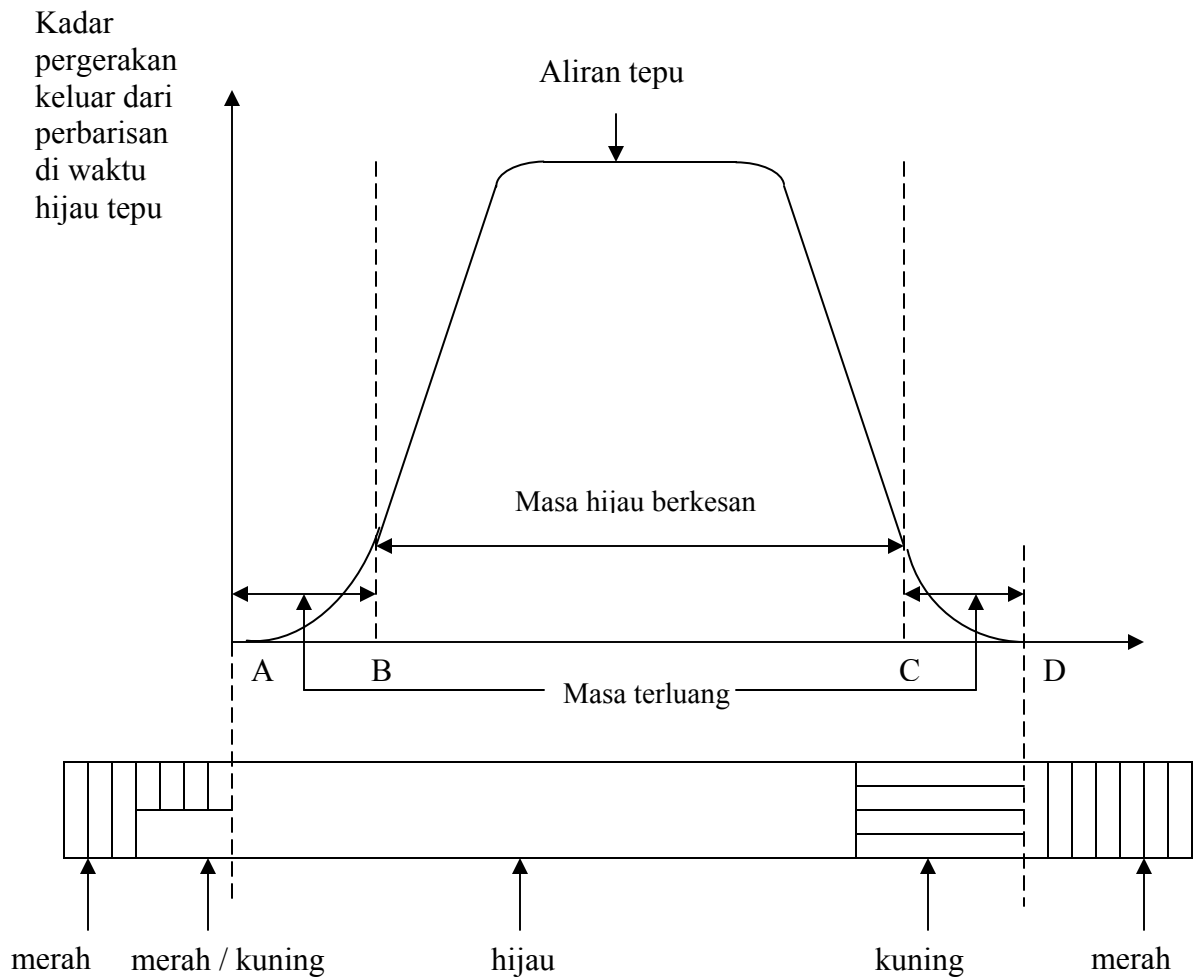
- **ALIRAN**

Menggambarkan jumlah kenderaan yang menggunakan sistem jalan raya.

Konsep aliran tepu boleh diringkaskan seperti Rajah 2.1. Kadar aliran tepu boleh ditakrifkan sebagai kadar maksimum perbarisan kenderaan di sesuatu persimpangan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi aliran tepu.

Antaranya ialah:-

- kecerunan
- kerencaman lalu lintas
- keadaan sekitaran
- pergerakan membelok kenderaan



Rajah 2.1 Gambarajah aliran tepu dan masa terhilang di persimpangan berlampu isyarat
 Sumber: Nota Kuliah Kejuruteraan Lalu Lintas

Pemasaan dan rekabentuk masa kitar optimum boleh dilakukan dengan pelbagai kaedah iaitu:-

- Kaedah Arahan Teknik
- Kaedah HCM
- Kaedah TRRL
- Kaedah SIDRA

Dalam kaedah Arahan Teknik (Jalan) 13/87, faktor utama yang perlu ditentukan bagi merekabentuk masa kitar adalah penentuan aliran ketepuan. Aliran ketepuan (s), mempunyai hubungan dengan lebar jalan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1 Hubungan nilai ketepuan dengan lebar jalan
 Sumber: *Arahan Teknik (Jalan) 13/87*

LEBAR JALAN, W (m)	KETEPUAN, s (ukp/j)
3.0	1845
3.25	1860
3.5	1885
3.75	1915
4.0	1965
4.25	2075
4.5	2210
4.75	2375
5.0	2560
5.25	2760

2.21 TAHAP PERKHIDMATAN

Kelengahan merupakan ukuran keberkesanan yang berguna dalam sistem kawalan lalu lintas dan anggaran kelengahan adalah perlu dalam merekabentuk sesebuah lampu isyarat.

Tahap perkhidmatan untuk persimpangan biasanya dikaitkan dengan nilai ukuran yang diperolehi dari *Highway Capacity Manual* (1985), memberikan beberapa nilai ukuran tahap perkhidmatan untuk persimpangan berlampu isyarat berdasarkan nilai kelengahan berhenti yang diperolehi. Tahap-tahap perkhidmatan ini boleh dikategorikan kepada beberapa kelas yang diberikan oleh *Highway Capacity Manual* (1985) iaitu:-

Tahap Perkhidmatan A

Kenderaan akan beroperasi dengan kelengahan yang sangat minimum iaitu kurang dari 5 saat. Ini akan berlaku apabila kebanyakan kenderaan tiba pada waktu hijau iaitu kenderaan dapat meneruskan perjalanan tanpa henti. Masa kitaran yang pendek juga dapat mengurangkan kelengahan.

Tahap Perkhidmatan B

Kenderaan akan beroperasi dengan kelengahan dalam julat 5.1 hingga 15.0 saat per kenderaan. Biasanya berlaku dengan pergerakan yang lancar atau masa kitaran yang pendek. Kenderaan yang berhenti adalah lebih banyak

berbanding tahap perkhidmatan A menyebabkan kelengahan purata menjadi lebih tinggi.

Tahap Perkhidmatan C

Kenderaan akan beroperasi dengan kelengahan dalam julat 15.1 hingga 25.0 saat per kenderaan. Ianya berlaku disebabkan dari pergerakan kenderaan yang sederhana atau masa kitaran yang lebih panjang. Kenderaan yang berhenti lebih ketara walaupun masih ada yang dapat melepasi persimpangan tanpa henti.

Tahap Perkhidmatan D

Operasi persimpangan dengan kelengahan dalam julat 25.1 hingga 40 saat kenderaan. Pada tahap ini, kesesakan dapat mula dilihat. Kelengahan yang lebih tinggi disebabkan oleh pergerakan kenderaan yang tidak lancar, masa kitaran yang panjang atau nisbah v/c yang lebih tinggi, maka lebih banyak kenderaan yang terpaksa berhenti.

Tahap Perkhidmatan E

Kenderaan akan beroperasi dengan kelengahan dalam julat 40.1 hingga 60 saat per kenderaan. Keadaan ini adalah keadaan kelengahan yang maksimum yang boleh diterima. Keadaan kelengahan yang tinggi ini disebabkan oleh keadaan pergerakan yang teruk, masa kitaran yang panjang atau nisbah v/c yang tinggi. Kegagalan kitaran individu akan menjadi semakin ketara.

Tahap Perkhidmatan F

Kenderaan akan beroperasi dengan kelengahan melebihi 60 saat per kenderaan. Keadaan kelengahan ini merupakan keadaan yang tidak boleh diterima oleh setiap pemandu. Keadaan ini terjadi disebabkan oleh tahap ketepuan yang ketara iaitu apabila nilai kenderaan yang sampai di persimpangan melebihi kapasiti yang boleh ditanggung oleh persimpangan tersebut. Ia juga biasanya terjadi pada nisbah v/c tinggi daripada 1.00, nilai kegagalan individu yang banyak, keadaan pergerakan yang teruk serta masa kitaran yang panjang menyumbang kepada kelengahan ini.

Kesemua tahap perkhidmatan yang diterangkan di atas boleh diringkaskan seperti jadual di bawah:-

Jadual 2.2 : Tahap Perkhidmatan untuk Persimpangan
Sumber: Highway Capacity Manual, 1985

Tahap Perkhidmatan	Kelengahan berhenti per kenderaan (saat)
A	≤ 5
B	5.1 – 15.0
C	15.1 – 25.0
D	25.1 – 40.0
E	40.1 – 60.0
F	> 60

2.3 JENIS – JENIS LAMPU ISYARAT

Menurut Lawrence A.Klein, (2001) terdapat dua jenis lampu isyarat yang biasa dipraktikkan dalam menguruskan sistem aliran lalu lintas iaitu:

- a) Lampu isyarat tertentu masa (*pre-timed control*)
- b) Lampu isyarat digerakkan lalu lintas (*actuated control*)

Jenis lampu isyarat di atas secara amalnya dipilih berdasarkan pemasangan dan keadaan laluan trafik di sesuatu persimpangan. Kajian yang terperinci berkenaan keadaan lalu lintas pada simpang yang ingin diletakkan sistem lampu isyarat adalah amat penting sebelum kerja-kerja merekabentuk dan pemasangan dijalankan. Dalam pada itu, persimpangan yang dipilih mestilah mendapat waran yang boleh diikuti panduannya dalam *Criteria for Traffic Light Signals at Junctions*, Technical Memorandum H1/73, Department of Environment, UK., 1973.

2.3.1 LAMPU ISYARAT TERTENTU MASA

Lampu isyarat tertentu masa juga dikenali sebagai isyarat masa tetap. Ianya tidak memerlukan alat pengesan yang diletakkan dibawah jalan. Cara laluan kenderaan pada persimpangannya akan mengikut masa yang telah ditentukan. Ia mengumpukkan hak laluan di persimpangan mengikut jadual kitaran yang

ditetapkan. Ini bermakna isyarat yang dikenakan adalah secara berulang dan teratur pada satu kitaran yang tetap. Pengawal tertentu masa akan memberikan masa yang telah ditetapkan untuk tiap-tiap jeda fasa tanpa mengira bilangan lalu lintas atau pejalan kaki yang berada di persimpangan.

Kawalan jenis ini adalah sesuai untuk keadaan persimpangan yang mempunyai corak lalu lintas yang boleh diramal dan tidak berubah-ubah. Maka, pengawal jenis ini tidak akan memenuhi permintaan lalu lintas. Penggunaannya adalah kurang efisien pada persimpangan yang mempunyai permintaan aliran trafik yang berubah-ubah jika dibandingkan dengan sistem isyarat digerakkan lalu lintas. Pada hakikatnya, isyarat kawalan tertentu masa lazimnya sesuai hanya di kawasan yang isipadu laluannya konsisten sepanjang masa.

2.3.1.1 KELEBIHAN PENGENDALIAN ISYARAT TERTENTU MASA

Antara kelebihan yang terdapat dalam pengendalian isyarat tertentu masa ialah perbezaan yang ketara ialah dari segi kos pembinaan.. Perbelanjaan untuk memasang satu sistem tertentu masa adalah kurang daripada sistem digerakkan lalu lintas. Isyarat jenis ini juga mempunyai kelengkapan yang mudah diservis dan perbelanjaan penyenggaraan yang rendah. Pemasangan pengawalnya juga mudah terlaras di tapak. Masa permulaan dan panjang jeda

kitar yang tetap memudahkan perhubungan antara isyarat lalu lintas bersebelahan. Perhubungan ini akan membolehkan pergerakan kenderaan yang berterusan pada kelajuan tidak berubah melalui persilangan yang ada di sepanjang jalan, dalam masa yang sama memberikan kawalan kelajuan yang positif di sepanjang jalan tersebut. Pengawal tertentu masa juga tidak bergantung pada pergerakan kenderaan melalui pengesan untuk mengendalikannya. Oleh itu, kenderaan berhenti atau kerja pembinaan tidak akan mengganggu penggunaannya.

2.3.1.2 KEKURANGAN PENGENDALIAN ISYARAT TERTENTU MASA

Diketahui, isyarat tertentu masa juga mempunyai kekurangannya. Biasanya, isyarat lalu lintas tertentu masa diperuntukkan untuk keperluan tempoh puncak lalu lintas dan ini mengakibatkan lengahan yang lama dan berlebihan kepada kenderaan semasa luar tempoh puncak. Isyarat ini juga tidak boleh mengetahui atau mengendalikan perubahan masa tempoh pendek mengikut permintaan lalu lintas. Ini mengakibatkan satu fasa dalam kitar boleh jadi kurang dimanfaatkan, manakala yang lain lebih digunakan.

2.3.2 LAMPU ISYARAT DIGERAKKAN LALU LINTAS (*ACTUATED*)

Lampu isyarat digerakkan lalu lintas atau lebih dikenali sebagai lampu isyarat sistem *actuated* adalah salah satu jenis lampu isyarat yang sangat praktikal dengan mengikuti permintaan lalu lintas. Menurut Asri Hassan *et al.*,(1990) dalam isyarat kawalan yang menggunakan sistem *actuated*, ianya menggunakan alat pengesan yang boleh mengesan kehadiran kenderaan yang diletakkan di bawah persimpangan yang dipilih.

Isyarat digerakkan lalu lintas ini sesuai dipraktikkan pada persimpangan yang mempunyai isipadu laluan yang tidak konsisten seperti jalan major yang bertemu jalan minor, kawasan yang tidak menjadi tumpuan penduduk dan sebagainya. Dalam sistem *actuated*, terdapat tiga parameter penting iaitu:-

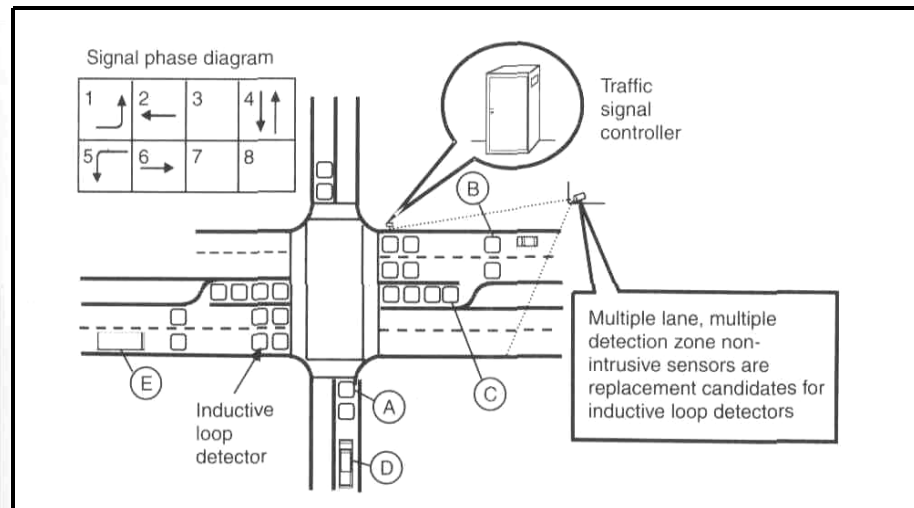
- a) Jeda mula
- b) Jeda kenderaan (unit pemanjangan)
- c) Jeda maksimum

Jeda mula merupakan bahagian pertama dalam sistem *actuated* yang membenarkan kenderaan berkumpul di sesuatu persimpangan antara titik kesan dengan garisan henti pada persimpangan tersebut. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi jeda mula sebelum memulakan jeda kenderaan. Iaitu

jarak antara alat pengesan dengan garisan henti dan bilangan kenderaan yang terkumpul di sesuatu persimpangan.

Kemudian, ianya diikuti oleh jeda kenderaan yang membolehkan kenderaan bergerak pada persimpangan dalam isyarat hijau bermula masa minimum tetapi ianya tidak akan lebih daripada jeda maksimum yang telah ditetapkan. Jika tiada kenderaan yang dikesan semasa jeda kenderaan, isyarat hijau akan bertukar kepada arah tuju yang lain jika terdapat permintaan pada arah tuju tersebut. Isyarat hijau juga akan bertukar kepada fasa yang lain jika masa pengesan kenderaan lebih lama daripada jeda kenderaan. Tetapi jika terdapat kenderaan yang dikesan semasa jeda kenderaan, pengesan akan memulakan jeda kenderaan yang baru dan proses ini akan berulang sehingga masa maksimum praset dicapai.

Jeda maksimum ialah masa maksimum yang dikenakan dalam isyarat hijau dalam sesuatu fasa apabila terdapat kenderaan yang dikesan pada arah tuju yang lain. Dalam pelaksanaan sistem actuated, keberkesananannya adalah bergantung kepada kejituan alat pengesan yang dipasang pada sesuatu persimpangan serta jenis-jenis alat pengesan seperti gegelung, alat pengesan magnet, pad tekanan, radar dan juga bunyi. Rajah 2.2, menunjukkan kedudukan yang boleh diletakkan alat pengesan pada sesuatu persimpangan. Alat-alat pengesan tersebut boleh diletakkan pada garisan henti (A), terletak beberapa meter daripada garisan henti (B), di lorong membelok ke kiri (C) dan di kedudukan mengesan kecemasan (D).



Rajah 2.2 Kawalan Persimpangan Terpencil
 Sumber: Lawrence A. Klein, *Intelligent Transportation Systems-Sensor Technologies and Data Requirements for ITS*, (2001)

Isyarat digerakkan lalu lintas boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu:

- Isyarat digerakkan lalu lintas separuh
- Isyarat digerakkan lalu lintas penuh.

2.3.2.1 ISYARAT DIGERAKKAN LALU LINTAS SEPARA

Lampu isyarat digerakkan lalu lintas separuh atau dikenali sebagai “*semi-actuated control*” mempunyai satu fasa sahaja yang dikendalikan oleh alat pengesan. Isyarat lampu hijau jalan major akan diberi keutamaan yang lebih dalam mod yang tidak digerakkan. Maka, alat pengesan akan dipasang pada jalan minor sahaja iaitu dalam mod yang digerakkan.

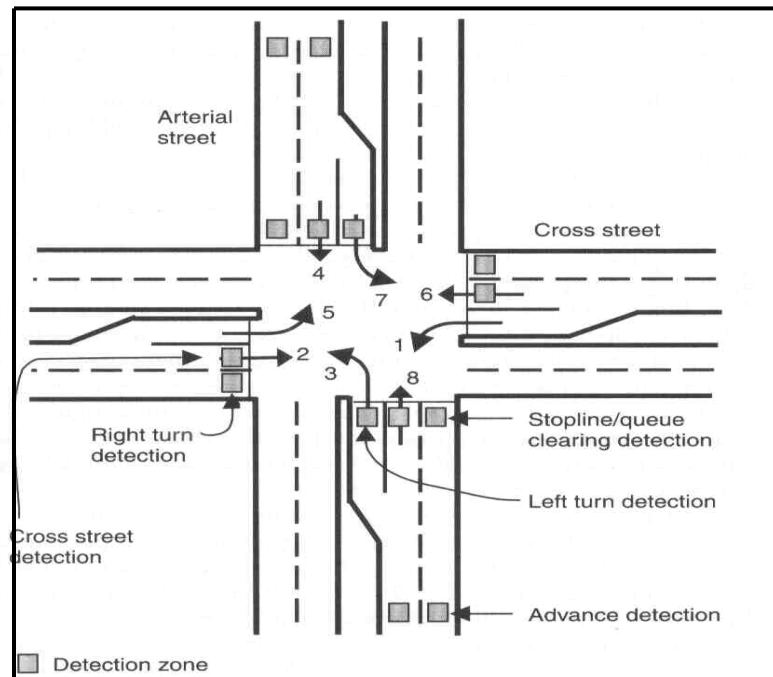
Apabila terdapat kendaraan yang hadir pada jalan minor, alat pengesan akan menerima isyarat hijau apabila fasa hijau pada jalan major telah melengkapkan kala hijau minimum. Fasa yang digerakkan pada jalan minor ini akan mendapat isyarat hijau yang berterusan jika terdapat kendaraan yang dikesan sehinggalah ia mencapai masa hijau maksimum praset. Kemudian, ia akan beralih pula ke jalan major untuk memberi isyarat hijau dan proses ini akan berulang.

2.3.2.2 ISYARAT DIGERAKKAN LALU LINTAS PENUH

Lampu isyarat digerakkan lalu lintas penuh atau dikenali sebagai “*fully actuated system*” mempunyai alat pengesan pada semua arah tuju ke persimpangan. Tiap-tiap fasa ditentukan oleh bilangan dan ruang kendaraan yang dikesan pada arah tuju yang berlainan. Penggunaannya sangat meluas untuk persimpangan terpencil (*isolated intersection*) dimana muatan lalu lintasnya lebih kurang sama tetapi pengagihan antara tujunya berubah-ubah.

Dalam kawalan digerakkan lalu lintas penuh, akan diletakkan suis pemanggil pada tiap-tiap fasa, dimana apabila satu suis dihidupkan, isyarat hijau akan diberi kepada fasa tersebut jika dikesan terdapat kendaraan. Tetapi jika kedua-dua suis dihidupkan, maka kawalan ke atasnya akan berubah menjadi kawalan masa tetap. Jika semua suis dimatikan, isyarat hijau akan

terus kekal berada pada satu fasa jika tidak ada permintaan pada fasa yang lain. Rajah 2.3 menunjukkan contoh kawalan lampu isyarat digerakkan lalu lintas penuh.



Rajah 2.3 Isyarat Digerakkan Lalu Lintas Penuh
Sumber: Lawrence A. Klein, *Intelligent Transportation Systems-Sensor Technologies and Data Requirements for ITS*, (2001)

2.4 KELEBIHAN ISYARAT SISTEM ACTUATED

Terdapat beberapa kelebihan dalam penggunaan isyarat sistem *actuated*. Antaranya ialah muatan persilangan boleh ditingkatkan melalui pengawal digerak lalu lintas yang mengkadarkan semula masa hijau mengikut permintaan, supaya jalan tuju yang sibuk diberikan hak laluan yang sesuai.