

MENENTUKAN ARAS PERKHIDMATAN JALAN  
ARTERI MENGGUNAKAN KAEDAH HIGHWAY CAPACITY  
MANUAL (HCM) MALAYSIA

Oleh

TAN CHOON HOE

Disertai ini dikemukakan kepada

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan  
untuk ijazah dengan kepujian

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)**

## PENGHARGAAN

Projek tahun akhir ini telah mendedahkan saya kepada pengetahuan mengenai Jalan Arteri bagi HCM Malaysia dan HCM 2000 dengan mendalamnya.

Di sini, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi pengharagaan kepada dekan pusat pengajian kejuruteraan awam, Prof. Madya Dr. Wan Hashim Wan Ibrahim selaku penyelia projek tahun akhir saya di atas segala tunjuk ajar, nasihat, panduan dan dorongan semasa pelaksanaan projek ini.

Di samping itu, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada En. Quazzi, pelajar Sarjana yang sedang membuat program PHD di USM kampus kejuruteraan. Beliau telah banyak memberi tunjuk ajar kepada saya untuk menyiapkan tesis ini. Tidak dilupakan juga kepada juruteknik-juruteknik makmal lebuhraya USM kampus kejuruteraan terutamanya Encik Rasidi bin Razak dan Encik Zulhairi bin Ariffin di atas kerjasama dan pertolongan yang diberikan bagi menjayakan kajian ini.

Pertolongan rakan-rakan saya dalam proses pengambilan data tidak akan saya lupakan terutamanya : En. Lim boon Chiang, En. Poh Khian Meng, En. Lim Kang Hai dan En. Ching Jiunn Wee.

Akhir sekali, saya ingin mengguna kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua orang yang menolong saya untuk menyiapkan tesis ini dengan sempurna.

## **ABSTRAK**

Jalan Arteri merupakan jalan yang membawa isipadu lalu lintas yang tinggi dan seringkali menimbulkan masalah kesesakan lalu lintas kepada pengguna jalan raya terutamanya pada waktu puncak. Fungsi utamanya adalah untuk menyediakan aliran lalu lintas terus manakala penyediaan laluan masuk ke kawasan bersebelahan adalah merupakan fungsinya yang kedua. Tujuan kajian ini dilakukan adalah untuk mendapatkan aras perkhidmatan bagi jalan arteri iaitu Jalan Taiping yang menghubungkan Parit Buntar dengan Nibong Tebal dengan kaedah HCM Malaysia dan HCM 2000. Pada akhir projek ini, Maka akan diketahui aras perkhidmatan Jalan Taiping. Perbandingan aras perkhidmatan di antara kedua-dua HCM menunjukkan keputusan yang hampir sama. Had kebolegunaan Graf hubungan laju-aliran bagi HCM Malaysia juga ditentukan. Perlaksanaan analisis kepekaan ke atas graf laju-aliran yang menggunakan Model Underwood dari HCM Malaysia telah memaparkan signifikan aliran terhadap laju dan kepekaan graf tersebut dengan jelasnya.

## **ABSTRACT**

Arterial road is a type of road that carried high amount of traffic flow and bring traffic congestion to road user frequently especially during peak hour. The main function of an arterial road is to provide through traffic flow meanwhile it also play an important role in providing entrance road to the adjacent area along the road. The purpose of this thesis is to determine the level of services for Jalan Taiping which is an arterial road in Parit Buntar that provide access to Bandar Baharu and Nibong Tebal. The level of service for this arterial road will be determined by the help of Highway Capacity Manual Malaysia and HCM 2000. At the end of this study, we found that the level of service for Jalan Taiping by using HCM Malaysia and HCM 2000 shown only slight difference. The range of input for the speed-flow relationship was determined to ensure the reliability of HCM Malaysia. At last, sensitivity analysis for speed-flow relationship which is modeled by using Underwood Model showed effect of flow to speed change and Regrasion Model done shown that the graph is accurate.

## KANDUNGAN

PENGHARGAAN	i
ABSTRAK	ii
KANDUNGAN	iv
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI JADUAL	x
BAB 1 PENGENALAN	1
1.0 Umum	1
1.1 Jalan Arteri	3
1.2 Objektif	3
1.3 Skop kajian	4
BAB 2 KAJIAN PERSURATAN	5
2.0 Pengenalan	5
2.1 Konsep Kapasiti Dan Aras Perkhidmatan	6
2.1.1 Kapasiti (Capacity)	6
2.1.2 Aras Perkhidmatan (Level of Services)	6
2.2 Konsep Jalan Arteri	7
2.2.1 Pengenalan	7
2.2.2 Ciri Jalan Arteri	7
2.2.2.1 Kadar Aliran Perkhidmatan	8
2.2.2.2 Laju Aliran Bebas	8
2.2.2.3 Laju Larian	8
2.2.2.4 Laju Perjalanan	9
2.2.2.5 Aras Perkhidmatan Jalan Arteri	9

2.2.2.6	Pengelasan Jalan Arteri	9
2.2.2.7	Panjang Jalan	10
2.2.2.8	Ketumpatan Lampu Isyarat	10
2.2.2.9	Faktor Waktu Puncak	10
2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kapasiti Dan Aras Perkhidmatan		
Jalan Arteri		10
2.3.1	Keadaan Asas	10
2.3.2	Keadaan Jalan	11
2.3.3	Keadaan Lalu Lintas	11
2.3.3.1	Jenis Kenderaan	11
2.3.3.2	Agihan Berarah	12
2.3.4	Keadaan Kawalan	12
2.3.5	Teknologi Baru	12
2.4	Kajian Berkenaan	13
2.4.1	Kajian Mengenai Teori Aliran Lalu Lintas	13
2.4.2	Konsep Aliran Tepu	14
2.4.3	Kajian Mengenai Hubungan Laju-Aliran Lalu Lintas	15
BAB 3 METHODOLOGI		17
3.0 Pengenalan		17
3.1 Data-data Yang Perlu Diambil Di Lapangan		20
3.1.1	Data Geometri Jalan	20
3.1.2	Data Aliran	20
3.1.3	Data Persimpangan Berlampu Isyarat	20
3.2 Kaedah-Kaedah Pencerapan Data Di Lapangan		21

3.2.1	Kaedah Insani	21
3.2.2	Kaedah Mengekori Kereta	21
3.2.3	Penggunaan Radar Gun	22
3.3	Pemilihan Tapak Kajian	22
3.4	Piawaian Yang Digunakan Untuk Menjalankan Analisis	23
3.4.1	HCM Malaysia	23
3.4.2	Highway Capacity Manual 2000	25
3.4.2.1	Penentuan Kelas Jalan Arteri	25
3.4.2.2	Penentuan Masa Larian	26
3.4.2.3	Penentuan Kelengahan Kawalan	27
3.4.2.4	Jenis Ketibaan Dan Nisbah Platoon	28
3.4.2.5	Faktor Ubahsuaian Beransur	29
3.4.2.6	Faktor Ubahsuaian Kelengahan Bertambah Untuk Kawalan Lampu Isyarat Berubah	30
3.4.2.7	Faktor Ubahsuaian Penapisan atau Permeteran untuk Persimpangan Berlampu Isyarat di Hulu Jalan	31
3.4.2.8	Penentuan Laju Perjalanan	32
3.4.2.9	Penentuan Aras Perkhidmatan	33

#### BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

34

4.0	Pengenalan	34
4.1	Perbandingan Aras Perkhidmatan Jalan Arteri menggunakan HCM Malaysia dengan HCM 2000(Data Teori dan Data Lapangan)	34

4.2	Had Kebolegunaan HCM Malaysia	38
4.3	Analisis Sensitiviti ke atas HCM Malaysia	40
4.4	Penutup	52
BAB 5. KESIMPULAN		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Cadangan Kajian pada Masa Hadapan	54
RUJUKAN		
LAMPIRAN A	DATA LAPANGAN	
LAMPIRAN B	CONTOH PENGIRAAN	
LAMPIRAN C	RAJAH HUBUNGAN LAJU-ALIRAN	
LAMPIRAN D	GAMBARAJAH	



## SENARAI JADUAL

Jadual 2.1	Pengelasan Jalan Arteri( <i>Highway Capacity Manual</i> 2000)	9
Jadual 2.2	Julat Laju, Ketumpatan Dan Kapasiti Lebuhraya (Duncan, 1979)	13
Jadual 3.1	Pengelasan Kelas Jalan Arteri(Wan Hashim 2005)	23
Jadual 3.2	Graf Hubungan Di Antara Laju-aliran Untuk Jalan Arteri(Wan Hashim 2005)	24
Jadual 3.3	Pengelasan Aras Perkhidmatan(Wan Hashim 2005)	25
Jadual 3.4	Pengelasan Jalan Arteri ( <i>HCM</i> 2000)	25
Jadual 3.5	Masa Larian Segmen Per Kilometer(HCM 2000)	26
Jadual 3.6	Hubungan Di Antara Jenis Ketibaan Dan Nisbah Platoon(HCM 2000)	29
Jadual 3.7	Faktor Ubahsuaian Beransur Untuk Pengiraan Kelengahan Tetap(HCM 2000)	30
Jadual 3.8	Nilai k Untuk Jenis Pengawal Lampu Isyarat Berubah(HCM 2000)	31
Jadual 3.9	Nilai I Cadangan Untuk Jalan Dengan Persimpangan Berlampu Isyarat Di Hulu Jalan(HCM 2000)	32
Jadual 3.10	Aras Perkhidmatan Jalan Arteri(HCM 2000)	33
Jadual 4.1	Perbandingan Aras Perkhidmatan Antara HCM Malaysia dan HCM 2000	35
Jadual 4.2	Had Maksimm Bagi Aliran Dan Laju Untuk Menggunakan HCM Malaysia	39
Jadual 4.3	Kawasan Pinggir Bandar Dengan Geseran Sisi Yang Rendah Dan Berlampu Isyarat Kurang Daripada 2	41

Jadual 4.4	Kawasan pinggir bandar dengan geseran sisi yang tinggi dan berlampu isyarat kurang daripada dua	42
Jadual 4.5	Kawasan Pinggir Bandar Dengan Geseran Sisi Yang Tinggi Dan Berlampu Isyarat Lebih Daripada Dua	43
Jadual 4.6	Kawasan Bandar Dengan Geseran Sisi Yang Rendah Dan Berlampu Isyarat Kurang Daripada Dua	44
Jadual 4.7	Kawasan Bandar Dengan Geseran Sisi Yang Rendah Dan Berlampu Isyarat Lebih Daripada Dua	45
Jadual 4.8	Kawasan Bandar Dengan Geseran Sisi Yang Tinggi Dan Berlampu Isyarat Kurang Daripada Dua	46
Jadual 4.9	Kawasan Bandar Dengan Geseran Sisi Yang Tinggi Dan Berlampu Isyarat Lebih Daripada Dua	47
Jadual 4.10	Model Regrasi Bagi Graf Hubungan Laju-aliran HCM Malaysia	52

## SENARAI RAJAH

Rajah 2.1	Graf Aliran Tepu	15
Rajah 3.1	Langkah-langkah Metodologi Kajian	17
Rajah 3.2	Kaedah Penilaian Jalan Arteri (HCM Malaysia)	18
Rajah 3.3	Kaedah Penilaian Jalan Arteri (Highway Capacity Manual 2000)	19
Rajah 4.1	Graf Perbandingan Antara Laju Perjalanan Antara HCM 2000 Dan HCM Malaysia	37
Rajah 4.2	Graf Hubungan Laju-aliran Bagi Kawasan Pinggir Bandar Dengan Geseran Sisi Yang Rendah Dan Berlampu Isyarat <2 (Wan Hashim 2005)	38
Rajah 4.3 :	Kawasan Pinggir Bandar dengan Geseran Sisi yang Rendah dan Berlampu Isyarat kurang daripada Dua	48
Rajah 4.4 :	Kawasan Pinggir Bandar dengan Geseran Sisi yang Tinggi dan Berlampu Isyarat kurang daripada Dua	49
Rajah 4.5	Kawasan Pinggir Bandar dengan Geseran Sisi yang Tinggi dan Berlampu Isyarat lebih daripada Dua	49
Rajah 4.6 :	Kawasan Bandar dengan Geseran Sisi Yang Rendah dan Berlampu Isyarat kurang daripada Dua	50
Rajah 4.7 :	Kawasan Bandar dengan Geseran Sisi yang Rendah dan Berlampu Isyarat lebih daripada Dua	50
Rajah 4.8 :	Kawasan Bandar dengan Geseran Sisi yang Tinggi dan Berlampu Isyarat kurang daripada Dua	51
Rajah 4.9 :	Kawasan Bandar dengan Geseran Sisi yang Tinggi dan Berlampu Isyarat lebih daripada Dua	51

## **BAB 1 PENGENALAN**

### **1.0 Umum**

Pengangkutan dan lalu lintas merupakan satu aspek yang penting dalam pembangunan sesebuah negara. Setiap aktiviti yang dijalankan di kawasan perindustrian, kawasan perniagaan, kawasan kediaman dan lain-lain amat bergantung kepada pengangkutan dan lalu lintas. Permintaan untuk mobiliti yang tidak terhad dan laluan tidak terbatas ke seluruh negara telah memainkan satu peranan yang penting dalam mendorong pengangkutan dan lalu lintas kepada kedudukan yang kukuh sejak kurun ke-20 (Mannering et al, 1998).

Setelah membincangkan tentang kepentingan aspek pengangkutan dan lalu lintas dalam pembangunan ekonomi, industri, pertanian, sosial dan lain-lain, tanggungjawab utama seseorang jurutera lalu lintas adalah menuju ke dua matlamat yang penting iaitu memberikan aras perkhidmatan yang tinggi (cuba meminimumkan masa perjalanan dan kelengahan) dan memberikan aras keselamatan yang tinggi. Dua isu ini sering dipertikaikan dalam proses reka bentuk lalu lintas kerana laju yang tinggi mengurangkan masa perjalanan tetapi pada masa yang sama mengurangkan tahap keselamatan pemandu. Satu kesimpulan yang seimbang di antara aras perkhidmatan dan aras keselamatan harus dicapai dengan mempertimbangkan beberapa kekangan berikut yang sentiasa berubah. Kekangan yang dimaksudkan di atas boleh diklasifikasikan secara kasar kepada beberapa kategori seperti berikut iaitu ekonomi (kos mengenai projek pembinaan lalu lintas), politik (kesan projek kepada komuniti yang terlibat), alam sekitar (kesan projek kepada alam sekitar dalam pencemaran air, udara, bunyi dan kualiti kehidupan) (Mannering et al, 1998).

Seseorang jurutera juga harus mempertimbangkan kesan semasa dan jangka panjang kepada pengguna jalan raya semasa projek pembinaan jalan raya dijalankan.

Kajian aliran lalu lintas amat bergantung kepada lokasi dan masa (Hall, 1994). Kajian yang dijalankan di kawasan bandar akan mempunyai aliran lalu lintas berbanding dengan kajian di kawasan luar bandar. Contohnya kajian jalan arteri di Kuala Lumpur akan memberikan aliran lalu lintas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kajian di Parit buntar. Masa juga memainkan peranan yang penting dalam menentukan aliran lalu lintas, waktu pencerapan data yang berlainan akan memperolehi data aliran lalu lintas yang berbeza. Contohnya pencerapan data pada waktu puncak akan memberikan aliran lalu lintas yang lebih tinggi berbanding dengan pencerapan data pada waktu biasa.

Setelah perbincangan di atas, boleh disimpulkan bahawa masalah analisis kejuruteraan pengangkutan dan lalu lintas adalah sangat kompleks dan kelihatan tidak dapat diselesaikan secara maya. Masalah yang kompleks ini memberikan satu cabaran besar dan cara penyelesaian memerlukan penggunaan maksimum kepakaran matematik dan teknikal jurutera, kebolehan untuk membangunkan satu penyelesaian imaginasi untuk subsetkan masalah berkenaan juga amat diperlukan.

## 1.1 Jalan Arteri

Jalan arteri boleh didefinisikan sebagai jalan yang mempunyai beberapa persimpangan berlampu isyarat dan jarak antara 2 lampu isyarat biasanya adalah 3 km atau kurang dan fungsi utamanya adalah untuk menyediakan aliran lalu lintas terus manakala menyediakan laluan masuk ke kawasan berhampiran adalah merupakan fungsinya yang kedua (*Highway Capacity Manual*, 2000). Kajian ini dijalankan untuk meningkatkan pemahaman mengenai kapasiti dan prestasi aliran lalu lintas sewaktu keadaan sesak. Jalan arteri dipilih untuk kajian ini kerana ianya merupakan jalan yang seringkali mengalami masalah kesesakan lalu lintas terutamanya pada waktu puncak.

## 1.2 Objektif

**Antara objektif-objektif kajian ini adalah seperti berikut :-**

- ✚ Mengkaji jalan arteri iaitu Jalan Taiping yang menghubungkan Nibong Tebal dengan Parit Buntar.
- ✚ Menentukan aras perkhidmatan jalan arteri ini dengan bantuan HCM (Malaysia) dan bandingannya dengan nilai aras perkhidmatan yang diperolehi dari HCM 2000.
- ✚ Cari langkah penyelesaian yang terbaik untuk mengatasi masalah kesesakan sekiranya diperlukan.
- ✚ Jalankan Analisis sensitiviti ke atas Graf hubungan laju-aliran bagi HCM Malaysia.

### **1.3 Skop kajian**

Jalan arteri yang dipilih untuk menjalankan kajian ini adalah Jalan Taiping di Parit Buntar yang memberikan laluan ke Bandar Baharu. Kajian ini dimulakan dari persimpangan berbentuk-T berlampu isyarat berhampiran dengan hotel Damai dan melalui persimpangan berlampu isyarat berdekatan dengan stesen minyak Petronas dan berakhir di persimpangan empat menuju ke Tanjung Piandang. Panjang segmen jalan ini adalah sebanyak 1.6km yang mempunyai 3 persimpangan lampu isyarat setiap arah perjalanan. Masa larian dicerap dengan kaedah mengekori kereta, laju aliran bebas pula dicerap dengan bantuan “radar gun” di tengah segmen jalan. Segala data lain yang diperlukan contohnya : kapasiti, isipadu, masa hijau, masa kitaran dan sebagainya dicerap dengan kaedah insani. Setelah perbandingan antara aras perkhidmatan dengan dua kaedah analisis yang berlainan dijalankan, analisis sensitiviti dijalankan ke atas HCM Malaysia untuk mendapatkan darjah sensitivitinya pada aliran yang berlainan. Lingkungan julat data aliran dan laju dari graf hubungan antara laju dan aliran bagi HCM Malaysia juga ditentukan untuk mengetahui had maksimum aliran dan laju yang dapat dianalisis dengan HCM Malaysia.

## BAB 2 KAJIAN PERSURATAN

### 2.0 Pengenalan

Teori aliran lalu lintas telah dikaji oleh para pelopor sejak tujuh dekad yang lalu. Greenshields, 1935 iaitu pelopor terkenal dalam bidang ini telah membuat banyak kajian tentang kapasiti jalan. Seorang lagi pengkaji yang bernama Wardrop (1952) telah memperkenalkan beberapa teori baru mengenai kejuruteraan jalan raya dan beliau juga (Wardrop dan Charlesworth, 1954) telah mencadangkan kaedah untuk menganggar laju dan aliran lalu lintas dengan kenderaan yang bergerak. Pada masa yang sama, sekumpulan penyelidik dari General Motor telah membangunkan siri-siri Model Mengekori Kereta (Herman *et. al*, 1959).

Perkembangan yang pesat dalam bidang penyelidikan aliran lalu lintas pada tahun 1960-an tidak dapat dinafikan. Sebagai contoh, Edie (1961 dan 1965) telah menerbitkan beberapa kertas kerja yang berkaitan dengan Model Mengekori Kereta dan kaedah pengukuran aliran lalu lintas. Drew (1968) pula telah mengkaji mengenai berbagai-bagai aspek operasi dan kawalan lebuh raya. Di penghujung tahun 1980-an, Newell (1989) telah menerbitkan sebuah buku yang berkenaan dengan pengawalan aliran lalu lintas untuk pelbagai sistem jalan. Pada tahun 1990-an, terlalu banyak penyelidikan mengenai aliran lalu lintas telah dijalankan. Hall (1994) telah membincangkan dengan panjang lebar mengenai ciri-ciri aliran lalu lintas. Walau bagaimanapun, perbincangan yang dibuat adalah lebih menjurus kepada aliran lalu lintas tak terganggu seperti di lebuh raya. Dalam kajian ini, aliran lalu lintas merupakan aliran yang terganggu.



## **2.1 Konsep kapasiti dan aras perkhidmatan**

### **2.1.1 Kapasiti (Capacity)**

Kapasiti sesuatu jalan adalah bilangan kenderaan maksimum per jam yang melalui jalan tersebut dengan kawalan lalu lintas (lampu isyarat atau tanda isyarat). Kapasiti dipengaruhi oleh permintaan (demand), permintaan berkaitan dengan kenderaan yang datang (arrive) dan isipadu berhubung dengan kenderaan yang bertolak (discharging). Sekiranya tiada kenderaan beratur maka permintaan adalah sama dengan isipadu lalu lintas. Perkataan 'Isipadu' digunakan sekiranya penggunaan jalan adalah di bawah had kapasiti.

### **2.1.2 Aras Perkhidmatan (Level of Services)**

Aras perkhidmatan ialah satu pengukuran kualiti yang menerangkan keadaan aliran lalu lintas terutamanya diukur dari menggunakan parameter seperti : kelajuan, masa perjalanan, gangguan lalu lintas dan keselesaan. Aras perkhidmatan dibahagikan kepada 6 aras iaitu dari huruf A ke huruf F, dengan paras perkhidmatan A mewakili keadaan lalu lintas yang terbaik dan aras perkhidmatan F pula mewakili keadaan lalu lintas yang terburuk. Setiap aras perkhidmatan mewakili satu julat keadaan lalu lintas dan pandangan pemandu kepada keadaan tersebut. Faktor keselamatan tidak termasuk dalam penentuan aras perkhidmatan. Kebanyakan rekabentuk lalu lintas menggunakan aras perkhidmatan C atau D untuk memastikan keadaan lalu lintas yang boleh diterima oleh para pemandu.

## **2.2 Konsep Jalan Arteri**

### **2.2.1 Pengenalan**

Jalan arteri yang membawa isipadu lalu lintas yang tinggi seringkali menimbulkan masalah kesesakan lalu lintas kepada pengguna jalan raya terutamanya pada waktu puncak. Suatu kajian yang telah dijalankan mendapati kadar pencemaran asap kenderaan akan meningkat tiga kali ganda sewaktu berlakunya kesesakan lalu lintas (Anon, 1997). Kajian mengenai aras perkhidmatan jalan-jalan arteri di negara kita perlu dilakukan supaya kerja-kerja perancangan dan penambahbaikan kualiti aliran lalu lintas dapat dibuat dengan lebih berkesan. Jalan arteri merupakan jalan utama yang menghubungkan tempat serta lokasi yang penting. Menurut laporan awal kajian lalu lintas bagi Malaysia (Perunding Lee dan Rakan *et. al*, 1996), jalan arteri di Malaysia dikelaskan dalam kategori jalan bandar dan dikawal selia oleh kerajaan negeri.

### **2.2.2 Ciri Jalan Arteri**

Laju sesuatu kenderaan pada jalan arteri dipengaruhi oleh 3 faktor utama iaitu keadaan jalan, interaksi dengan kenderaan lain dan kawalan lalu lintas. Keadaan jalan termasuk geometri jalan tersebut, aktiviti jalan dan kegunaan jalan berhampiran. Keadaan ini menggambarkan bilangan dan lebar lorong, jenis median, jarak antara lampu isyarat, kewujudan tempat letak kereta dan had laju kenderaan.

Interaksi dengan kenderaan lain ditentukan oleh ketumpatan lalu lintas, nisbah kenderaan berat dan pergerakan pusingan-U.

Kawalan lalu lintas termasuk lampu isyarat dan papan tanda menyebabkan sekumpulan kenderaan untuk mengurangkan laju atau berhenti. Kelengahan(delay) mengurangkan laju kenderaan. Tetapi kawalan ini adalah diperlukan untuk

mewujudkan jalan utama(Right-of-way). Parameter-parameter yang sering digunakan dalam kajian ini dibincangkan seperti berikut :-

#### **2.2.2.1 Kadar Aliran Perkhidmatan**

Kadar aliran perkhidmatan (Services Flow Rate) ialah kadar aliran maksimum kenderaan per jam yang boleh melalui sesuatu jalan raya. Kadar aliran perkhidmatan biasanya diukur bagi setiap julat masa 15 minit dan kadar aliran perkhidmatan per jam ialah 4 kali kadar aliran perkhidmatan tertinggi bagi julat masa 15 minit.

#### **2.2.2.2.Laju Aliran Bebas**

Keadaan lalu lintas mempengaruhi laju pemandu. Apabila kenderaan lain dan keadaan lalu lintas tidak merupakan faktor dan laju yang dipilih oleh pemandu ialah laju aliran bebas (Free-Flow Speed). Laju aliran bebas ialah kelajuan purata bagi aliran lalu lintas semasa isipadu lalu lintas adalah rendah sehingga pemandu tidak diganggu oleh kenderaan lain dan kawalan lalu lintas (lampu isyarat atau tanda) tidak wujud.

#### **2.2.2.3.Laju Larian**

Seseorang pemandu jarang boleh memandu pada laju aliran bebas. Kebanyakan masa, kewujudan kenderaan lain menghalang kelajuan kenderaan dalam perjalanan kerana perbezaan laju di antara pemandu-pemandu atau kerana kenderaan di hadapan sedang memecut dari berhenti dan masih belum sampai laju perjalanan bebas. Maka satu laju yang termasuk gangguan kenderaan lain diperkenalkan iaitu laju perjalanan. Laju ini dikira dengan membahagikan jarak perjalanan dengan masa larian. Masa larian ialah masa untuk bertolak dalam segmen jalan ditolak dengan sebarang masa berhenti.

#### 2.2.2.4. Laju Perjalanan

Kewujudan kawalan lalu lintas dalam segmen jalan memainkan peranan untuk mengurangkan laju kenderaan menjadi rendah daripada laju larian. Laju yang mengambil kira faktor kawalan lalu lintas ialah laju perjalanan. Laju ini dikira dengan membahagikan jarak perjalanan dengan masa perjalanan. Masa perjalanan ialah masa untuk bertolak dalam segmen jalan termasuk sebarang masa berhenti.

#### 2.2.2.5. Aras Perkhidmatan Jalan Arteri

Aras perkhidmatan jalan arteri ditentukan oleh laju perjalanan purata bagi kenderaan yang melalui jalan ini. Laju perjalanan diperolehi dengan membahagi jarak segmen jalan dengan masa larian dan segala kelengahan yang terlibat ketika melalui segmen jalan tersebut.

#### 2.2.2.6. Pengelasan Jalan Arteri

Cara pengelasan jalan arteri HCM2000 adalah berbeza dengan HCM Malaysia. HCM2000 membahagikan jalan arteri kepada empat kelas (I,II,III dan IV) dengan kombinasi fungsi jalan dan rekabentuk yang berlainan seperti ditunjukkan dalam Jadual 2.1.

**Jadual 2.1 : Pengelasan Jalan Arteri (*Highway Capacity Manual 2000*)**

Katogori Rekabentuk	Fungsi kategori	
	Arteri Utama	Arteri Minor
Pantas(high-speed)	I	N/A
Sub-luar bandar(sub-rural)	II	II
Pertengahan(intermediate)	II	III atau IV
Luar bandar(rural)	III atau IV	IV

#### **2.2.2.7. Panjang Jalan**

Dari *HCM* 2000, didapati panjang jalan arteri seharusnya sekurang-kurangnya 1.5km di kawasan luar bandar dan 3.0km di kawasan lain bagi aras perkhidmatan boleh diterima. Kajian jalan yang kurang daripada 1.5km harus dianalisis sebagai persimpangan individu (individual intersection) menurut kriteria persimpangan individu.

#### **2.2.2.8. Ketumpatan Lampu Isyarat**

Ketumpatan lampu isyarat ialah bilangan persimpangan berlampu isyarat yang ada pada tapak kajian dibahagikan dengan panjangnya. Sekiranya persimpangan lampu isyarat diguna sebagai permulaan dan penamatan segmen jalan arteri, maka bilangan lampu isyarat ditolak dengan satu semasa mengira ketumpatan lampu isyarat.

#### **2.2.2.9. Faktor Waktu puncak**

Faktor waktu puncak ialah isipadu jaman dibahagikan dengan 4 kali aliran puncak bagi 15minit. Sekiranya FWP tidak dapat ditentukan, pendekatan boleh digunakan. Untuk keadaan sesak, 0.92 ialah nilai yang munasabah.

### **2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kapasiti Dan Aras Perkhidmatan Jalan Arteri**

Menurut Highway Capacity Manual 2000, antara faktor-faktor yang mempengaruhi kapasiti dan aras perkhidmatan jalan arteri adalah seperti berikut:-

#### **2.3.1 Keadaan Asas**

Keadaan asas melambangkan cuaca baik, keadaan turapan yang baik, pemandu biasa dengan keadaan jalan dan tidak ada gangguan ke atas aliran lalu lintas.

### 2.3.2 Keadaan Jalan

Keadaan jalan termasuk geometri jalan dan element lain. Dalam sesetengah kes, ini mempengaruhi kapasiti sesuatu jalan, ia juga akan memberi kesan kepada laju kenderaan. Antara faktor-faktor keadaan jalan adalah:-

- ✚ bilangan lorong
- ✚ lebar lorong
- ✚ laju rekabentuk
- ✚ lebar bahu jalan

### 2.3.3. Keadaan Lalu Lintas

Keadaan lalu lintas iaitu jenis kenderaan, agihan berarah dan bilangan lorong mempengaruhi kapasiti dan aras perkhidmatan jalan arteri tersebut.

#### 2.3.3.1. Jenis Kenderaan

Penyertaan kenderaan berat ke dalam aliran lalu lintas mempengaruhi bilangan kenderaan yang melalui jalan tersebut. Kenderaan berat ialah kenderaan yang mempunyai lebih daripada 2 gandar yang menyentuh turapan jalan. Kenderaan berat mempengaruhi lalu lintas dengan 2 cara iaitu :-

- i) Kenderaan berat lebih besar daripada kenderaan biasa dan menggunakan ruang yang lebih besar.
- ii) Kenderaan berat mempunyai kebolehan fungsi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kenderaan biasa terutamanya semasa pemecutan, nyahpecutan, dan kebolehan mengekalkan laju semasa menukar gear.

Sebab kedua adalah lebih ketara iaitu kenderaan berat tidak dapat mengejar laju kenderaan biasa dan menyebabkan satu gap yang besar pada aliran lalu lintas. Kesan ini susah diatasi.

#### **2.3.3.2. Agihan Berarah**

Dalam sesuatu masa tertentu, aliran lalu lintas tidak sama dalam satu arah atau lorong tertentu. Contohnya pagi dan petang berlaku aliran yang tidak sekata.

Agihan arah digunakan sebagai faktor penting untuk analisis muatan jalan raya terutamanya jalan dua hala luar bandar. Rekabentuk jalan hendaklah mencukupi bagi menampung perubahan aliran lalu lintas.

#### **2.3.4. Keadaan Kawalan**

Untuk aliran terganggu (interrupted-flow), masa kawalan untuk bergerak bagi sesuatu aliran lalu lintas memberi kesan yang kritikal kepada kapasiti, kadar aliran perkhidmatan dan aras perkhidmatan. Kawalan yang paling kritikal ialah lampu isyarat. Jenis kawalan lampu isyarat yang digunakan, fasa lampu isyarat, masa lampu hijau dan masa kitaran. Tanda berhenti juga mempengaruhi kapasiti dan aras perkhidmatan terutamanya kepada jalan yang tidak berlampu isyarat.

#### **2.3.5. Teknologi Baru**

Teknologi ITS (Intelligence Transport System) akan meningkatkan keselamatan dan keberkesanan bagi kenderaan dan sistem jalan. ITS termasuk segala teknologi yang membolehkan pemandu dan pekerja sistem kawalan lalu lintas menggunakan informasi masa itu (real-time) untuk meningkatkan aliran kenderaan dan sistem kawalan lalu lintas.

Sehingga masa kini, kajian tentang kesan ITS ke atas aras perkhidmatan dan kapasiti masih kurang. Maka kajian tentang jalan arteri ini tidak akan termasuk ITS.

## **2.4 Kajian Berkenaan**

### **2.4.1 Kajian Mengenai Teori Aliran Lalu Lintas**

Menurut Duncan (1979), data laju dan ketumpatan lalu lintas telah dicerap di lebuh raya pada bulan Oktober 1977 menggunakan peralatan automatik. Pemerhatian telah dibuat pada waktu puncak pagi hari biasa dan sebanyak 164 data telah berjaya diperolehi. Setiap data adalah mewakili nilai purata laju setempat dan purata ketumpatan aliran lalu lintas dalam sela masa 5-minit. Jadual 2.2 menunjukkan keputusan kajian di lebuh raya tersebut.

**Jadual 2.2 : Julat laju, ketumpatan dan kapasiti lebuh raya (Duncan, 1979)**

Julat Laju	20 km/j -115 km/j
Julat Ketumpatan	5 kend/km/l - 75 kend/km/l
Kapasiti	2360 kend/j/l

Daripada Jadual 2.3, didapati nilai laju yang dicerap berjulat di antara 20 km/j dan 115 km/j. Nilai ketumpatan pula adalah 5 kenderaan per kilometer sehingga 75 kenderaan per kilometer untuk satu lorong. Lengkung laju-aliran yang terhasil menunjukkan nilai kapasiti lebuh raya adalah 2360 kenderaan per jam per lorong.



## 2.4.2 Konsep Aliran Tepu

Kapasiti persimpangan berlampu isyarat adalah berdasar kepada konsep aliran tepu. Menurut HCM 2000, aliran tepu ialah satu aliran dalam unit kenderaan/jam/lorong(kend/j/l) yang boleh melalui sesuatu jalan dengan anggapan bahawa fasa hijau sentiasa berfungsi untuk jalan tersebut.

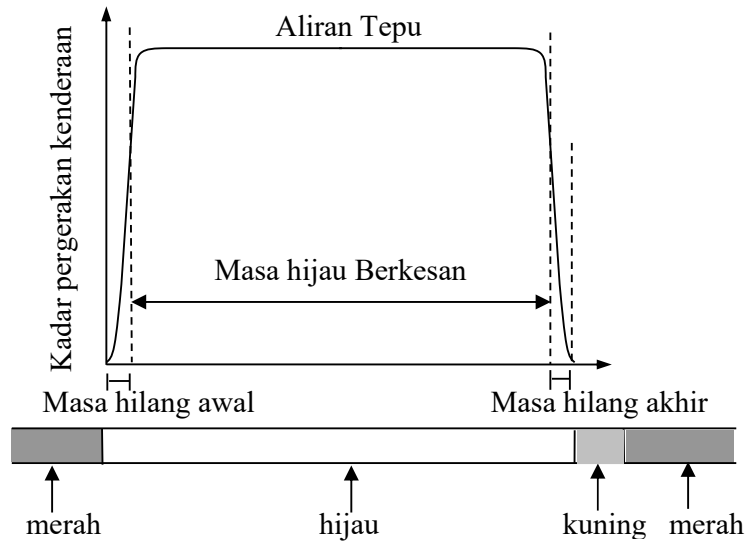
Bagi Canadian Capacity Guide pula, Aliran tepu untuk persimpangan berlampu isyarat ditakrifkan sebagai kadar pergerakan dari garisan berhenti bagi satu jalan dalam unit ukp per jam masa hijau.

Menurut kajian laporan bernombor 123 (Akcelik,1981) dari *Australia Road Research Board* pula, aliran tepu ditakrifkan sebagai kadar pergerakan maksimum dari aturan semasa fasa hijau dalam unit unit kenderaan berlalu per jam(through-car units per hour, tcu/hr).

Menurut Arahan Teknik(Jalan) 13/87 (public Works Department, 1987), aliran tepu ditakrifkan sebagai aliran maksimum dinyatakan dalam unit ukp yang boleh melalui garisan berhenti semasa lampu isyarat berwarna hijau berterusan pada jalan tersebut dan aliran kenderaan adalah berterusan.

Takrifan di atas tidak bermaksud lampu hijau bernyala selama 1 jam tetapi beroperasi secara biasa iaitu fasa kitaran diulangi seperti biasa.

Semua definasi di atas adalah berdasarkan graf aliran tepu pada rajah 2.1. Konsep ini menganggap bahawa semasa lampu isyarat bertukar kepada hijau, lalu lintas bergerak dengan kadar yang tetap(kadar aliran tepu) sehingga aturan tamat atau masa hijau habis. Kadar bergerak untuk beberapa saat pertama adalah lambat kerana kenderaan perlu memecut ke laju pergerakan biasa dan perkara sama berlaku beberapa saat sebelum masa hijau tamat. Anggapan yang dibuat ialah kadar pergerakan (Aliran tepu) sama bagi semua kitaran.



**Rajah 2.1 : Graf Aliran Tepu**

### 2.4.3 Kajian Mengenai Hubungan Laju-Aliran Lalu Lintas

Di Singapura, sekumpulan pengkaji dari *Centre for Transportation Studies, Nanyang Technological University* (Olszewski *et. al*, 1995) dengan kerjasama *Public Works Department* Singapura telah melakukan satu kajian untuk menghasilkan pemodelan laju-aliran lalu lintas menggunakan kaedah analisis luas kawasan. Kajian ini sebenarnya telah dijalankan pada tahun 1990 sebagaimana yang dilaporkan oleh Menon dan Seddon (1991) dan Olszewski dan Tan (1991). Pemodelan ini telah dihasilkan untuk menyediakan suatu rangka kerja yang analitikal untuk penilaian ke atas sistem pengurusan lalu lintas di kawasan tersebut. Kawasan ini adalah kawasan kekangan lalulintas yang telahpun beroperasi. Cadangan penambahbaikan sistem yang sedia ada kepada sistem yang lebih berkesan turut menyebabkan kajian ini dilakukan. Model ini dapat menganggarkan kelajuan perjalanan purata dalam zon berkenaan dengan hanya memasukkan nilai aliran lalu lintas yang memasuki dan keluar di kawasan tersebut. Olszewski *et. al* (1995) telah menjalankan kajian pada dua jalan arteri sepanjang 7.2 km dan 6.7 km pada hari Jumaat, Sabtu dan Ahad pada bulan

Februari 1990. Ketiga-tiga hari ini dipilih untuk mendapatkan julat laju dan aliran lalu lintas yang lebih luas. Jalan arteri ini merupakan jalan sehalu dan mempunyai 3 hingga 6 lorong.

Kaedah mengekori kereta telah dipilih dengan menggunakan 10 buah kereta dan sebanyak 511 sampel larian berjaya dilakukan untuk kajian ini. 16 buah stesen telah dijadikan tempat mencerap data aliran lalu lintas dengan sela masa 15-minit. Keputusan kajian telah menunjukkan Model Drake merupakan yang terbaik untuk hubungan laju-ketumpatan. Persamaan laju-aliran berdasarkan Model Drake yang diperolehi adalah seperti berikut:

$$Q = 80.645 v(44.9-12.0\ln v)^{1.563}-2121.8 \quad (2.1)$$

di mana  $Q$  = aliran lalu lintas (kenderaan/jam)

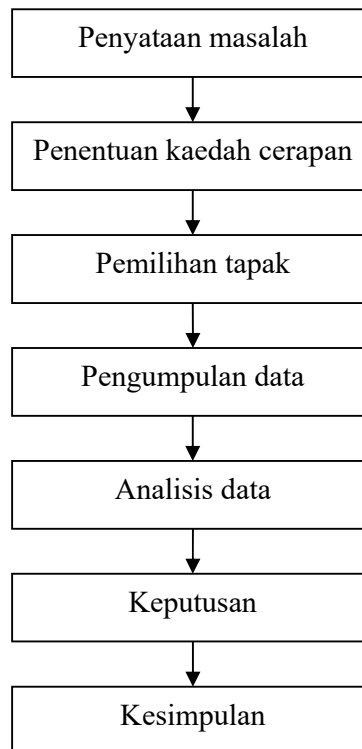
$v$  = laju (km/j)

Pengesahan model yang dicadangkan telah dibuat pada bulan Oktober 1990. Didapati nilai laju yang diperolehi melalui model ini adalah lebih tinggi sebanyak 11% berbanding dengan nilai laju sebenar di lapangan. Ini disebabkan oleh nilai aliran yang diperolehi pada hari itu adalah agak rendah (aliran untuk 30 minit) sedangkan model ini dibangunkan dengan menggunakan kadar aliran 15-minit. Oleh itu, nilai aliran yang rendah akan meramalkan nilai laju perjalanan yang lebih tinggi.

## BAB 3 METODOLOGI KAJIAN

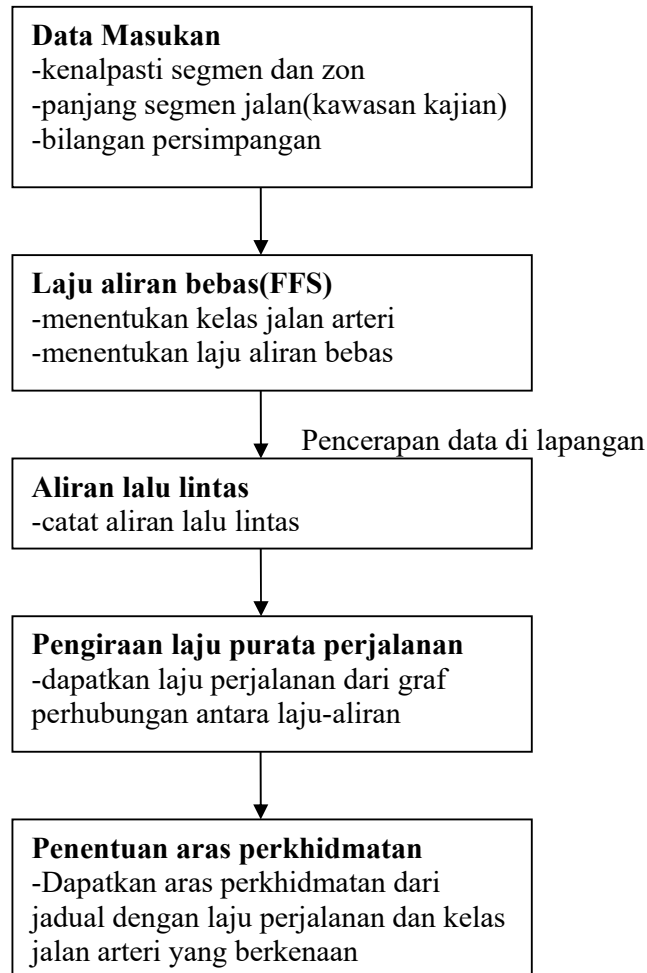
### 3.0 Pengenalan

Matlamat kajian ini adalah untuk membuat perbandingan di antara HCM Malaysia dengan HCM 2000(data teori dan lapangan). Pada awal sekali, kaedah-kaedah cerapan data dibincangkan. Selepas kaedah cerapan yang terbaik dipilih, pemilihan tapak kajian diadakan. Kemudian, proses pengumpulan data-data yang diperlukan seperti laju larian, geometri jalan, aliran tepu, kapasiti jalan, kelengahan dan lain-lain dijalankan. Setelah data-data ini dikumpulkan, analisis yang terperinci seperti pengiraan dan penentuan aras perkhidmatan dijalankan. Selepas ini, bincangkan keputusan yang diperolehi dan buat satu kesimpulan yang lengkap mengenainya. Analisa sensitiviti harus juga dimasukkan jika diperlukan. Langkah-langkah metodologi kajian telah ditunjukkan dalam Rajah 3.1 :-



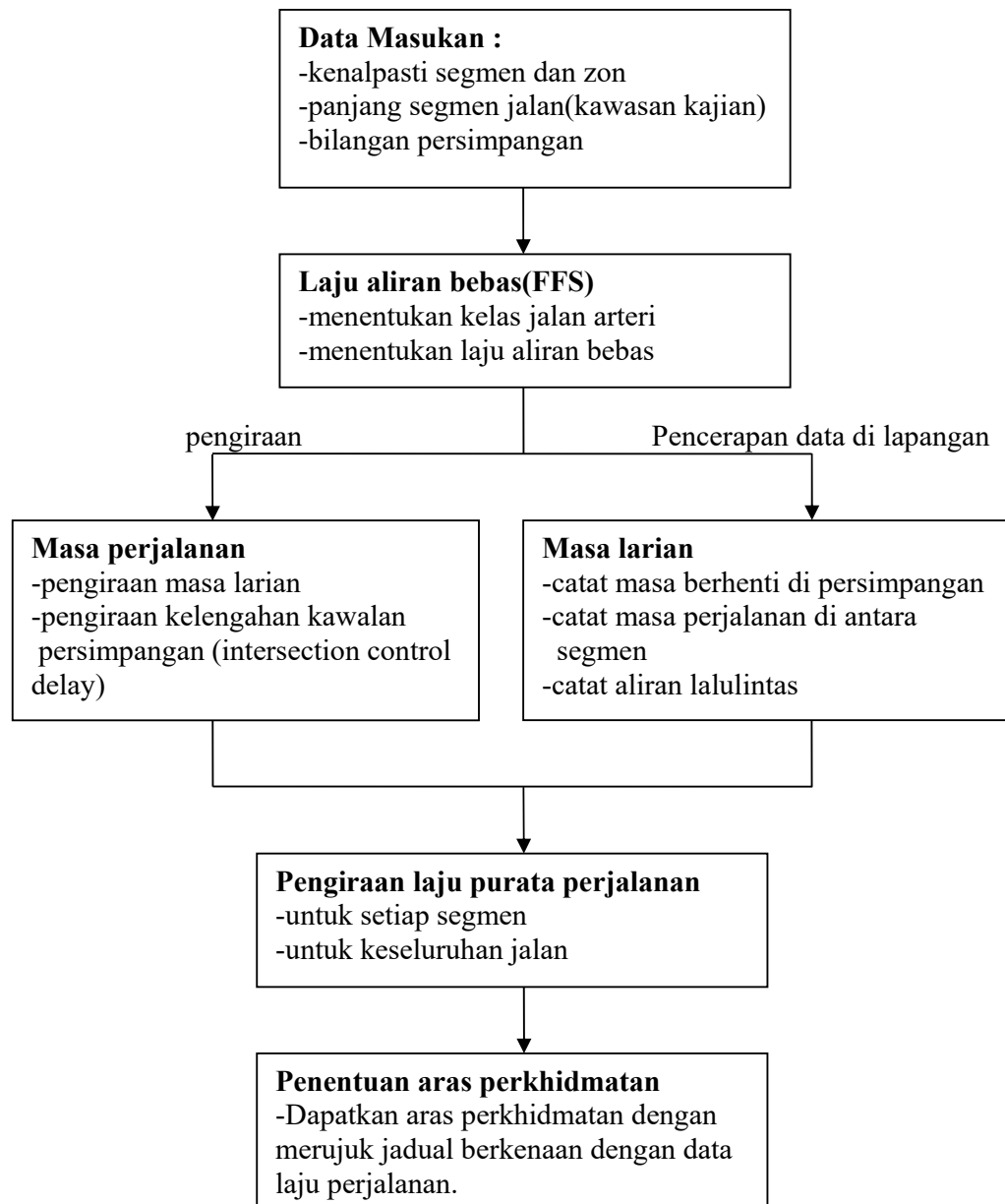
**Rajah 3.1 Langkah-langkah Metodologi Kajian**

Rajah 3.2 ialah kaedah penilaian Aras Perkhidmatan dengan HCM Malaysia. Pada mulanya, bahagikan jalan arteri kajian kepada beberapa segmen dan panjang tertentu. Seterusnya, pengambilan data laju aliran bebas dan aliran lalu lintas dijalankan di lapangan. Rujuk graf hubungan laju-aliran(Wan Hashim 2005) untuk memperoleh laju berkenaan. Akhirnya, dapatkan aras perkhidmatan merujuk jadual 3.3.



**Rajah 3.2 Kaedah Penilaian Jalan Arteri (HCM Malaysia)**

Rajah 3.3 menerangkan langkah-langkah yang terlibat dalam penentuan aras perkhidmatan jalan arteri dengan HCM 2000. Mula-mula, Jalan arteri dibahagikan kepada beberapa segmen dan panjang. Seterusnya, Pengambilan data-data berkenaan dijalankan di lapangan. Pengiraan kelengahan kawalan bagi setiap simpang berlampu isyarat dan masa larian dijalankan. Selepas ini, dapatkan laju perjalanan dan rujuk jadual 3.10 untuk mendapatkan aras perkhidmatan bagi segmen jalan tersebut.



**Rajah 3.3 : Kaedah Penilaian Jalan Arteri (Highway Capacity Manual 2000)**

### **3.1 Data-data Yang Perlu Diambil Di Lapangan**

Pada umumnya, data-data yang perlu diambil semasa pengumpulan data boleh dibahagikan kepada beberapa kategori, seperti ditunjukkan di bawah :-

#### **3.1.1 Data Geometri Jalan**

- panjang segmen
- bilangan lorong
- lebar lorong
- ketumpatan lampu isyarat

#### **3.1.2 Data Aliran**

- Laju aliran bebas
- masa larian
- aliran lalulintas
- kapasiti

#### **3.1.3 Data Persimpangan Berlampu Isyarat**

- masa kitaran
- masa hijau berkesan
- nisbah kenderaan yang tiba pada masa hijau

## **3.2 Kaedah-kaedah Pencerapan data di lapangan**

Antara kaedah-kaedah yang dipilih dalam pencerapan data adalah seperti berikut :-

### **3.2.1 Kaedah insani**

Kaedah ini adalah kaedah yang paling asas untuk pengambilan data, Ia juga merupakan kaedah yang senang dijalankan kerana alat-alat yang diperlukan adalah pen, kertas catatan dan jam randik sahaja. Kaedah ini digunakan untuk pencerapan data aliran tepu, nisbah kenderaan yang tiba pada hijau, isipadu, kapasiti aliran lalu lintas dan lain-lain. Bantuan daripada orang lain adalah diperlukan untuk pengambilan data yang berlainan pada masa yang sama, contohnya : pengambilan data kapasiti harus dijalankan serentak dengan pengambilan data isipadu jalan supaya data itu adalah berkaitan dan memberi keputusan yang lebih jitu.

### **3.2.2 Kaedah mengekori kereta**

Kaedah ini digunakan untuk pengambilan data masa larian. Prinsip utama kaedah ini adalah mendapatkan laju kenderaan lain yang menggunakan jalan arteri yang dipilih. Kaedah ini memerlukan dua orang iaitu seorang memandu kereta dan seorang lagi mencatatkan masa perjalanan dan masa kelengahan di persimpangan berlampu isyarat bagi kereta yang diekori. Satu kelemahan pencerapan kaedah ini adalah data isipadu lalulintas terpaksa dicerap dengan kaedah insani berbanding dengan kaedah pemerhati bergerak. Kaedah pemerhati bergerak tidak dipilih kerana kaedah ini sukar dijalankan jika terdapat objek-objek yang menghalang penglihatan pemerhati di pembahagian jalan.



### **3.2.3 Penggunaan Radar Gun**

Alat ini digunakan untuk mengambil nilai laju aliran bebas, didefinisikan sebagai laju teori sesebuah kenderaan pada lalu lintas di mana ketumpatan lalu lintas adalah sifar. Kaedah pencerapan ini harus dijalankan pada masa aliran lalu lintas adalah rendah supaya kenderaan yang dicerap dapat bergerak dengan laju yang bebas daripada gangguan kenderaan lain. Dua orang pemerhati diperlukan untuk menjalankan pencerapan iaitu seorang menunjukan radargun ke kenderaan yang ingin dicerap dan seorang lagi mencatatkan data. Pencerapan laju aliran bebas haruslah dilakukan pada tengah segmen jalan yang dikaji.

### **3.3 Pemilihan Tapak Kajian**

Tapak kajian yang telah dipilih ialah Jalan Taiping yang terletak berhampiran dengan Universiti Sains Malaysia kampus kejuruteraan, Nibong Tebal. Kajian ini bermula dari persimpangan berbentuk-T berlampu isyarat berhampiran dengan Hotel Damai dan melalui persimpangan berlampu isyarat berdekatan dengan stesen minyak Petronas dan berakhir di persimpangan empat menuju ke Tanjung Piandang. Panjang segmen jalan ini adalah sebanyak 1.6km yang mempunyai 3 lampu isyarat setiap arah perjalanan. Jalan ini dibahagikan kepada dua segmen setiap arah untuk memudahkan proses analisis dijalankan iaitu 0.8km setiap segmen. Proses pencerapan data dijalankan pada hari bekerja dari 4.30petang hingga 6.30petang untuk mengawal keseragaman data. Waktu ini adalah waktu puncak petang di mana kebanyakan pekerja dan pelajar bertolak balik ke rumah masing-masing. Pengambilan data lapangan dijalankan dengan membahagikan jalan ini kepada beberapa segmen untuk memudahkan aktiviti analisis dan proses pengambilan data dijalankan.

### 3.4 Piawaian Yang Digunakan Untuk Menjalankan Analisis

#### 3.4.1 HCM Malaysia

HCM Malaysia adalah sebuah manual yang disediakan oleh para pakar kejuruteraan lalu lintas dan lebuhraya di Universiti Sains Malaysia kampus kejuruteraan yang diketuai oleh Profesor Madya Dr. Wan Hashim Wan Ibrahim untuk digunakan oleh para jurutera sebagai satu panduan dalam rekabentuk dan analisis mengenai lalu lintas dan lebuhraya di Malaysia. Manual ini masih dalam proses semakan terakhir dan belum diterbitkan. Dalam bab jalan arteri, Prinsip utama yang diaplikasikan dalam penentuan aras perkhidmatan jalan arteri ialah hubungan di antara laju dan aliran dengan menggunakan model Underwood. Berikut adalah Jadual 3.1 yang mengelaskan jalan arteri di Malaysia kepada dua kategori yang utama.

**Jadual 3.1 : Pengelasan Kelas Jalan Arteri(Wan Hashim 2005)**

Ciri	Kategori Rekabentuk	
	Pinggir Bandar (I)	Bandar (II)
Lokasi	di antara Bandar dan Lebuhraya	Pusat Perniagaan
Bilangan Lorong Masuk	<10	>10
Pergerakan Membelok	Tinggi	Rendah
Julat Laju Aliran Bebas	55-80km/j	30-55km/j
Pembangunan Tepi Jalan	Rendah	Tinggi

Jadual 3.2 ialah graf hubungan di antara laju-aliran untuk jalan arteri dari HCM Malaysia dengan menggunakan model Underwood.

**Jadual 3.2 : Graf Hubungan Di Antara Laju-aliran Untuk Jalan Arteri  
(Wan Hashim 2005)**

Kawasan jalan arteri	Geseran sisi	bilangan lampu isyarat	Persamaan
Pinggir bandar	rendah	<2	$Q = 44.40v \ln\left(\frac{59.6}{v}\right)$
	tinggi	<2	$Q = 82.60v \ln\left(\frac{47.3}{v}\right)$
		>2	$Q = 31.20v \ln\left(\frac{84.4}{v}\right)$
bandar	rendah	<2	$Q = 99.10v \ln\left(\frac{23.9}{v}\right)$
		>2	$Q = 55.70v \ln\left(\frac{55.0}{v}\right)$
	tinggi	<2	$Q = 52.90v \ln\left(\frac{43.0}{v}\right)$
		>2	$Q = 69.10v \ln\left(\frac{45.6}{v}\right)$

Nota : geseran sisi tinggi : bilangan lorong masuk >10 dengan pergerakan pusingan yang tinggi dan terletak di pusat perniagaan.

Jadual 3.3 pula mengelaskan aras perkhidmatan mengikut laju perjalanan yang diperlohi dari graf hubungan laju-aliran mengikut persamaan di Jadual 3.2.