

**MENGAJI CIRI-CIRI JALAN DUA LORONG DUA HALA
UNTUK KEADAAN LALU LINTAS DI MALAYSIA
(SKOP : KAWASAN NIBONG TEBAL)**

Oleh:

IZATIL FADHILAH BT MOHD SUHAIMI

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

MAC 2006

ABSTRAK

Jalan dua lorong dua hala merupakan jalan yang membawa isipadu lalu lintas yang tinggi. Kejadian ini bertambah serius jika ditambah dengan sikap pemandu yang cenderung untuk mengekori kenderaan di hadapannya pada jarak yang rapat. Deretan-deretan kenderaan kelihatan terbentuk dengan cepat. Jarak mengekor pemandu adalah antara aspek yang mempengaruhi kemalangan jalan raya dan kemampuan menampung aliran lalu lintas. Tujuan kajian ini adalah untuk mendapatkan aras perkhidmatan bagi Jalan Bukit Panchor, Jalan Bandar Baru dan Jalan Bukit Panchor Paper Mill menggunakan kaedah HCM, 2000. Kaedah HCM 2000 ini juga telah dianalisis dengan memasukkan faktor ukp kenderaan dari Arahan Teknik Jalan 8/86 (Jalan). Selain itu, model regresi linear dibina bagi menjelaskan hubungan di antara jarak kepala dan laju kenderaan. Data lapangan didapatkan menggunakan alat jamar 'Metro Count'. Data jarak kepala dan kelajuan kenderaan yang berkait dengannya diasingkan kepada kelas-kelas kelajuan bagi kategori kenderaan mengekor kenderaan: kereta mengekor kereta, kereta mengekor kenderaan perdagangan (HGV), HGV mengekor HGV dan HGV mengekor kereta. Hasil daripada kajian ini, Highway Capacity Manual 2000 dapat menentukan aras perkhidmatan jalan. Penggunaan faktor ukp kenderaan dari Arahan Teknik Jalan 8/86 (Jalan) dalam kaedah HCM, 2000 memberikan aras perkhidmatan yang lebih tinggi. Hasil hubungan antara jarak kepala kenderaan dengan halaju menunjukkan kebanyakan pemandu cenderung untuk mengekor kenderaan di hadapannya pada jarak yang rapat.

ABSTRACT

Two-lanes-two-way highway is a type of road that can carry high volume of traffic. This situation become more serious if the value of headways is very small. The car following behavior is one of the many aspects that are considered to influence road crashes and the road traffic handling capacity. The purpose of this thesis is to determine the level of services for Jalan Bukit Panchor, Jalan Bandar Baharu and Jalan Bukit Panchor Paper Mill using the HCM 2000 method. This method is also used to analyse level of services using the Arahan Teknik Jalan 8/86 (Jalan). The level of service from the two methods are compared. Beside that, linear regression models were developed to get the relationship between distance headway and speed. The data for this two-lane-two-directions road will be determined by the help of 'Metro Count' programmed to get the traffic value. The distance headways and associated vehicle speed were separated into several categories by vehicle type and then separated into speed classes according to type of vehicle following i.e., car following car, car following heavy goods vehicle (HGV), HGV following HGV and HGV following car categories. As a result from this project, we know that there is no significant method in estimating level of service for the Arahan Teknik Jalan 8/86 (Jalan) whereas it can be done by using the Highway Capacity Manual 2000. For relationship between distance headway and speed, drivers tend to follow another vehicle closely and platoon appeared to develop rapidly.

PENGHARGAAN

Ucapan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Wan Hashim bin Wan Ibrahim selaku penyelia projek tahun akhir saya di atas segala bimbingan, tunjuk ajar dan sokongan sewaktu menjalankan projek tahun akhir ini.

Saya juga ingin merakamkan penghargaan kepada En. Zulhairi bin Ariffin, En.Mohd Fouzi bin Ali, En. Helmi dan Encik Rasidi selaku juruteknik yang banyak membantu saya dalam memahami serta menangani setiap masalah yang timbul semasa pemasangan alat di tapak kajian. Di samping itu, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada En. Hasrul, pegawai penyelidik di Pusat Kejuruteraan Awam. Tidak dilupakan juga, jutaan terima kasih kepada rakan-rakan yang sudi memberi bantuan dalam proses pengambilan data dan seterusnya menjayakan projek ini.

Akhir kata, saya mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua orang yang telah menolong saya untuk menyiapkan tesis ini dengan sempurna. Projek ini amat berharga bagi diri saya untuk kecemerlangan kerjaya di masa hadapan.

Izatil Fadhilah bt Mohd Suhaimi

Pelajar Kejuruteraan Awam 4

KANDUNGAN

	MUKA SURAT
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PERHARGAAN	iii
KANDUNGAN	iv
SENARAI JADUAL	vii
SENARAI RAJAH	ix
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 PENDAHULUAN	1
1.2 OBJEKTIF KAJIAN	3
1.3 SKOP KAJIAN	4
BAB 2 KAJIAN PERSURATAN	5
2.1 PENGENALAN	5
2.2 PENGKELASAN JALAN DUA LORONG DUA HALA	7
2.3 KEADAAN ASAS	8
2.4 HUBUNGAN ASAS	9
2.5 ARAS PERKHIDMATAN	12
2.6 KAPASITI	17
2.7 FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KAPASITI DAN ARAS PERKHIDMATAN JALAN DUA LORONG DUA HALA.	18
2.7.1 JENIS KENDERAAN	19
2.7.2 AGIHAN BERARAH	19
2.8 KAJIAN TABURAN JARAK KEPALA DALAM ALIRAN LALU LINTAS JALAN RAYA	20
2.9 JARAK MENGEKOR KENDERAAN	23

	KESIMPULAN	25
BAB 3	METODOLOGI KAJIAN	17
	3.1 PENDAHULUAN	26
	3.2 DATA-DATA YANG PERLU DIAMBIL DI LAPANGAN	29
	3.2.1 DATA GEOMETRI JALAN	18
	3.2.2 DATA ALIRAN	29
	3.3 KAEDAH PENGUMPULAN DATA	
	3.3.1 KAEDAH METRO COUNT	29
	3.3.2 KAEDAH INSANI	31
	3.3.3 PEMILIHAN TAPAK KAJIAN ANALISIS DATA	32
	3.4 ANALISIS DATA	32
	3.4.1 KAEDAH HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000	32
	3.4.2 KAEDAH CHE PUAN	35
	KESIMPULAN	37
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	38
	4.1 PENGENALAN	38
	4.2 ARAS PERKHIDMATAN DENGAN KAEDAH HCM, 2000	38
	4.2.1 MENGGUNAKAN JALAN BUKIT PANCHOR KE NIBONG TEBAL	38
	4.2.2 MENGGUNAKAN JALAN BANDAR BAHARU KE NIBONG TEBAL	42
	4.2.3 MENGGUNAKAN JALAN BANDAR BAHARU KE NIBONG TEBAL (PAPER MILL)	43
	4.3 ARAS PERKHIDMATAN DENGAN KAEDAH HCM, 2000 MENGGUNAKAN ARAHAN TEKNIK	

	JALAN (8/86)	46
4.4	PERBINCANGAN	49
4.5	ANALISIS CIRI-CIRI GEOMETRI JALAN	51
4.6	ANALISIS KEPEKAAN TERHADAP ARAS PERKHIDMATAN MENGGUNAKAN KAEDAH HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000.	54
4.5.1	ARAS PERKHIDMATAN DENGAN HCM,2000.	54
4.5.2	ARAS PERKHIDMATAN DENGAN HCM,2000, BERDASARKAN FAKTOR UNIT KENDERAAN ARAHAN TEKNIK (JALAN) 8/86	55
4.5.3	UNJURAN MASA HADAPAN	59
4.7	ANALISIS JARAK KEPALA KENDERAAN	62
4.6.1	KAJIAN DATA	62
4.6.2	ANALISIS DATA	64
	KESIMPULAN	75
BAB 5	KESIMPULAN	77
	RUJUKAN	
	LAMPIRAN A GAMBARAJAH	
	LAMPIRAN B CONTOH PENGIRAAN	
	LAMPIRAN C DATA LAPANGAN	

SENARAI JADUAL

Jadual 2.1	Ukuran Keberkesanan yang Digunakan untuk Penentuan Tahap Perkhidmatan (Salter,1989).	13
Jadual 2.2	Takrifan Khas untuk Aras Perkhidmatan A hingga F Mengikut Kelas Pertama atau Kedua (TRB,2000).	13
Jadual 2.3	Faktor Penukaran Untuk Kenderaan Penumpang Per Unit (pce).	18
Jadual 4.1	Isipadu Lalu Lintas (kend/j) untuk setiap 15 minit pada 2 Disember 2005 .	39
Jadual 4.2	Contoh Data Cerapan Yang Didapati daripada Alat 'Metro Count' pada 2 Disember 2005.	40
Jadual 4.3	Kategori Kenderaan untuk setiap 15 minit pada 2 Disember 2005.	41
Jadual 4.4	Isipadu Lalu Lintas (kend/j) untuk setiap 15 minit (kend/j) pada 29 November 2005	43
Jadual 4.5	Kategori Kenderaan untuk setiap 15 minit pada 29 November 2005	43
Jadual 4.6	Isipadu Lalu Lintas untuk setiap 15 minit (kend/j) pada 29 November 2005.	44
Jadual 4.7	Kategori Kenderaan untuk setiap 15 minit pada 29 November 2005.	45
Jadual 4.8	Pengiraan Aras Perkhidmatan Berdasarkan Kepada Laju Aliran Bebas dan Peratusan Masa Mengikut dalam Highway Capacity Manual (2000).	45
Jadual 4.9	Pengiraan Jumlah Unit Kenderaan Penumpang Per Jam dalam Masa Puncak Jaman pada 2 Disember 2005.	45
Jadual 4.10	Pengiraan Jumlah Unit Kenderaan Penumpang Per Jam dalam Masa Puncak Jaman pada 29 November 2005.	47
Jadual 4.11	Pengiraan Jumlah Unit Kenderaan Penumpang Per Jam dalam Masa Puncak Jaman pada 29 November 2005.	47

Jadual 4.12	Pengiraan Aras Perkhidmatan Berdasarkan Kepada Laju Aliran Bebas dan Peratus Masa Mengikut Menggunakan Kaedah Highway Capacity Manual (2000) Berdasarkan Faktor Unit Kenderaan yang Berbeza.	48
Jadual 4.13	Pengiraan Aras Perkhidmatan Berdasarkan Kepada Kaedah Arahan Teknik (Jalan) 8/86.	50
Jadual 4.14	Ciri-Ciri Geometri bagi Jalan Dua Lorong Dua Hala yang Dikaji.	51
Jadual 4.15	Lebar Bahu Jalan Minimum oleh JKR pada Hierarki Jalan dan Keadaan Rupa Bumi.	53
Jadual 4.16	Pelarasan Isipadu Kenderaan Terhadap Aras perkhidmatan dengan Menggunakan Kaedah Highway Capacity Manual 2000.	56
Jadual 4.17	Pelarasan Isipadu Kenderaan Terhadap Aras perkhidmatan dengan Menggunakan Kaedah Highway Capacity Manual 2000 Berdasarkan Faktor Unit Kenderaan Arahan Teknik (Jalan) 8/86	57
Jadual 4.18	Perbandingan Peratusan Perubahan antara Peratusan Masa Mengikut Asas dengan Peratusan Masa Mengikut Selepas Bertambahan ± 50 Peratus Berdasarkan Ragam yang Berbeza.	58
Jadual 4.19	Peratus Pertumbuhan Isipadu Lalu Lintas pada Tahun 2004	
Jadual 4.20	Perbezaan Unjuran Masa Hadapan Bagi Tahun 2010 dan 2015 bagi Isipadu Jalan dan Peratusan Masa Mengikut.	62
Jadual 4.21	Hasil Keputusan Hubungan Regrasi untuk Setiap Jenis Kenderaan Mengikut bagi Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	69
Jadual 4.22	Hasil Keputusan Hubungan Regrasi untuk Setiap Jenis Kenderaan Mengikut bagi Jalan Nibong Tebal ke Bukit Pancho pada 2 Disember 2005.	75

SENARAI RAJAH

Rajah 2.1	Hubungan Antara Laju Aliran dan Peratusan Masa Mengikut Bagi Jalan Dua Lorong Dua Hala Dengan Keadaan Umum. (TRB, 2000).	10
Rajah 2.2	Hubungan Antara Laju Aliran dan Peratusan Masa Mengikut dengan Keadaan Umum. (TRB, 2000).	11
Rajah 3.1	Carta Aliran untuk Pengiraan Aras Perkhidmatan dan Jarak Kepala antara Kenderaan.	27
Rajah 3.2	Kaedah Penilaian Jalan Dua Lorong Dua Hala (TRB, 2000)	28
Rajah 3.3	Susunan Pemasangan Alat dan Tiub.	30
Rajah 3.4	Pemasangan Tiub di Atas Jalan Raya.	31
Rajah 4.1	Isipadu Lalu Lintas Lawan Masa untuk Jalan dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	41
Rajah 4.2	Isipadu Lalu Lintas Lawan Masa untuk Jalan dari Bandar Baharu ke Nibong Tebal pada 29 November 2005.	42
Rajah 4.3	Isipadu Lalu Lintas Lawan Masa untuk Jalan Bandar Baharu ke Nibong Tebal Paper Mill pada 29 November 2005.	44
Rajah 4.4	Kelas Halaju untuk Setiap Jenis Kenderaan untuk Jalan dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	62
Rajah 4.5	Jarak Kepala Antara Kenderaan untuk Setiap Kelas Halaju bagi Setiap Jenis Kenderaan Untuk Jalan dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	63
Rajah 4.6	Kelas Jarak Kepala Antara Kenderaan untuk Halaju 50-60 km/j untuk Setiap Jenis Kenderaan untuk Jalan dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	64
Rajah 4.7	Jarak Kepala antara kenderaan untuk Setiap Jenis Kenderaan Dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	65
Rajah 4.8	Jarak Kepala antara Kenderaan untuk Setiap Kereta Mengekor Kereta dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	66

Rajah 4.9	Jarak Kepala antara Kenderaan untuk Setiap Kereta Mengekor HGV dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	66
Rajah 4.10	Jarak Kepala antara Kenderaan untuk Setiap HGV Mengekor Kereta dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	67
Rajah 4.11	Jarak Kepala antara Kenderaan untuk Setiap HGV Mengekor HGV dari Jalan Bukit Panchor ke Nibong Tebal pada 2 Disember 2005.	67
Rajah 4.12	Jarak Kepala antara Kenderaan untuk Setiap Jenis Kenderaan dari Jalan Nibong Tebal ke Bukit Panchor pada 2 Disember 2005.	71
Rajah 4.13	Jarak Kepala antara Kenderaan untuk Kereta Mengekor Kereta Dari Jalan Nibong Tebal ke Bukit Panchor pada 2 Disember 2005.	71
Rajah 4.14	Jarak Kepala antara Kenderaan Untuk Kereta Mengekor HGV dari Jalan Nibong Tebal ke Bukit Panchor pada 2 Disember 2005.	72
Rajah 4.15	Jarak Kepala antara Kenderaan untuk HGV Mengekor Kereta dari Jalan Nibong Tebal ke Bukit Panchor pada 2 Disember 2005.	72
Rajah 4.16	Jarak Kepala antara Kenderaan untuk HGV Mengekor HGV dari Jalan Nibong Tebal ke Bukit Panchor pada 2 Disember 2005.	73

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Kajian lalu lintas telah dikaji oleh para pelopor sejak tujuh dekad yang lalu. Greenshields, 1935 iaitu pelopor terkenal dalam bidang lalu lintas 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 telah mencadangkan kaedah untuk menganggar laju dan aliran lalu lintas dengan kenderaan yang bergerak (Wardrop dan Charlesworth, 1954). Pada masa yang sama, sekumpulan penyelidik dari General Motor telah membangunkan siri-siri Model Mengekori Kereta (Herman *et. al*, 1959). Seterusnya hinggalah masa kini, kajian mengenai lalu lintas sering diperbaharui dari semasa ke semasa. Seheinggakan muncullah panduan untuk merekabentuk lalu lintas dan jalan raya seperti Arahan Teknik (Jalan) 8/86 telah diterbitkan pada tahun 1986, AASHTO, ITESM, HCM dan sebagainya. Daripada usaha kewujudan panduan ini telah mengembangkan pengetahuan tentang merekabentuk pelbagai jenis jalan terutamanya jalan dua lorong dua hala. dan ini banyak memberi bantuan kepada pihak kerajaan dalam pembinaan jalan jenis ini. Sebagai akibatnya, negara kita dapat meningkatkan taraf jalan raya seterusnya mengembangkan sistem perhubungan tersebut di negara kita.

Dalam mereka bentuk lalu lintas dan jalan raya, 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 iaitu 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. Selain faktor ini, faktor sikap pemandu di jalan raya perlu diambil kira. Sebagai faktor utama, sikap mengekori kenderaan dihadapan amat dititikberatkan di mana secara umumnya, kebanyakan pemandu di Malaysia, cenderung untuk mengekori kenderaan di hadapannya pada jarak yang agak rapat. Dengan itu, kajian ini memberi tumpuan kepada jalan dua lorong dua hala untuk mendapatkan aras perkhidmatan dan jarak kepala kenderaan supaya ciri-ciri jalan dua lorong dua hala untuk keadaan di Malaysia dapat ditingkatkan.

1.2 Objektif Kajian

Objektif-objektif utama kajian ini ialah untuk:

1. Menentukan aras perkhidmatan jalan dengan menggunakan Highway Capacity Manual 2000 berdasarkan dua ragam yang berbeza iaitu berdasarkan penggunaan faktor kenderaan setara bagi lori (E_T) dan kenderaan rekreasi (E_R) dan faktor unit kenderaan penumpang (ukp) Arahan Teknik (Jalan) 8/86. Oleh itu, perbandingan dibuat untuk mengetahui keupayaan faktor kenderaan dalam mencirikan pengiraan aras perkhidmatan.
2. Membincangkan parameter yang digunakan dalam penilaian aras perkhidmatan. Secara amnya, teknik yang berlainan mempunyai parameter tersendiri dalam pengiraan aras perkhidmatan. Dengan mengetahui parameter yang digunakan, faktor yang menjejaskan aras perkhidmatan dapat dikenapasti dan ditentukan.
3. Mengkaji kepekaan Highway Capacity Manual 2000 terhadap perubahan dalam isipadu lalu lintas. Apabila keadaan lalu lintas berubah, ia akan menjejaskan pengaliran kenderaan dalam lalu lintas.
4. Mengkaji faktor keselamatan jalan dan faktor geometri yang mempengaruhi nilai aliran lalu lintas di jalan raya dua lorong dua hala.
5. Mencari hubungan lurus antara jarak kepala dan laju kenderaan. Berdasarkan model hubungan ini, dapat membuat ramalan perubahan populasi jarak kepala dan laju seterusnya mengandaikan sikap pemandu dalam mengekori kenderaan dihadapan.

1.2 Skop Kajian

Kajian ini adalah tertumpu kepada kawasan luar bandar di sekitar kawasan Nibong Tebal, Pulau Pinang. Tiga buah jalan dua lorong dua hala diambil ialah Jalan Bandar Baru – Nibong Tebal, Jalan Bandar Baharu – Nibong Tebal Paper Mill dan Jalan Bukit Panchor yang terletak berhampiran dengan Universiti Sains Malaysia kampus kejuruteraan, Nibong Tebal. Kajian ini bermula dari Bandar Baharu ke Jalan Bukit Panchor. Panjang segmen jalan ini adalah 1.0 km dan setiap kawasan mempunyai jalan yang lurus dan tidak berhampiran dengan selekoh. Proses pencerapan data dilakukan dengan menggunakan alat Jamar iaitu ‘Metro Count’ dan kaedah insani. Pencerapan ini dijalankan pada hari bekerja selama 2 jam untuk mengawal keseragaman data. Kedua-dua tempat dipilih kerana jalan adalah jenis dua lorong dua hala dan ia merupakan laluan utama bagi penduduk di kawasan ini.

Skop utama kajian ini ialah untuk mendapatkan aras perkhidmatan menggunakan Highway Capacity Manual 2000 dan mengkaji jarak kepala kenderaan bagi sesebuah lokasi untuk mendapatkan reaksi sikap pemandu di Malaysia dalam mengekor kenderaan di hadapan diketahui. Ciri-ciri jalan berdasarkan faktor geometri jalan turut dibincangkan dengan terperinci.

BAB 2

KAJIAN PERSURATAN

2.1 Pengenalan

Kajian lalu lintas jalan dua lorong dua hala merupakan sebahagian daripada proses perancangan dan pengangkutan yang berkesan. Dalam sistem pengangkutan jalan raya, jalan dua lorong dua hala merupakan jenis jalan yang paling banyak sekali terdapat di Malaysia. Jalan ini adalah penghubung kepada jalan negeri dan jalan persekutuan. Ia sentiasa digunakan sepanjang masa dan peratus untuk mengalami kesesakan amat tinggi.

Jalan dua lorong dua hala boleh dicirikan sebagai jalan yang tidak dipisahkan atau dengan maksud lain tiada penghadang di tengah jalan dengan setiap arah mempunyai satu lorong. Ini menunjukkan aktiviti memotong di lorong yang berlawanan arah sentiasa berlaku apabila kenderaan di hadapan bergerak dengan perlahan. Permintaan memotong rendah apabila isipadu atau aliran lalu lintas adalah tinggi dalam arah yang berlawanan. Ini menunjukkan aktiviti memotong berkadar terus dengan isipadu lalu lintas lorong berlawanan. Aktiviti memotong haruslah mempertimbangkan faktor-faktor yang umum, iaitu jarak penglihatan dan aliran lorong berlawanan arah serta wujudnya zon tidak boleh memotong iaitu kawasan garisan yang tidak putus-putus dan garisan berkembar. Apabila isipadu lalu lintas dan batasan geometri seperti lebar dan cerun jalan bertambah, keupayaan untuk memotong kenderaan yang lambat akan berkurang. Maka, pemandu yang tidak dapat memotong akan berbaris di belakang kenderaan yang bergerak perlahan (TRB, 2000).

Pergerakan kenderaan di jalan dua lorong dua hala yang sentiasa berubah dengan isipadu aliran di kedua-dua arah memberi kesan kepada purata masa perjalanan disebabkan kegiatan memotong yang terhad. Fenomena ini dapat dikaji berdasarkan jarak kepala antara kenderaan sama ada ketika waktu aliran tinggi atau pun aliran rendah. Dengan itu, konsep tahap perkhidmatan dalam aliran lalu lintas jalan raya dapat digambarkan berdasarkan perbezaan ciri aliran yang boleh diperiksa dengan mengkaji jarak kepala antara kenderaan (Salter, 1989).

Dalam kajian ini, penilaian jalan dua lorong dua hala adalah berdasarkan kepada U.S Highway Capacity Manual (TRB, 2000) yang akan menentukan kapasiti lalu lintas berdasarkan cerapan data menggunakan alat Metro Count. Analisis jarak antara kenderaan akan di kaji untuk keadaan pada waktu puncak dan pada waktu aliran normal supaya aras perkhidmatan jalan dapat ditentukan di samping melihat sifat-sifat jalan dua lorong dua hala sebagai faktor sampingan terhadap nilai data.

Kapasiti lalu lintas mula diperkenalkan sejak tahun 1950 oleh Bureau of Public Roads. Kemudian Highway Capacity Manual (HRB, 1965) menyatakan kapasiti lalu lintas adalah bilangan kenderaan maksimum yang dapat melalui bahagian jalan dalam keadaan lalu lintas yang terkawal dan jangka masa yang ditetapkan. Selanjutnya, satu idea baru dibangunkan untuk membahagikan aras kemampuan lalu lintas kepada beberapa aras perkhidmatan lalu lintas. Aras perkhidmatan ini bertujuan untuk menterjemahkan ukuran perkhidmatan lalu lintas kepada suatu bentuk yang boleh difahami oleh orang ramai. Selain itu, aras perkhidmatan juga boleh menggambarkan kelajuan lalu lintas.

2.2 Pengkelasan Jalan Dua Lorong Dua Hala

U.S Highway Capacity Manual (TRB, 2000) membahagikan jalan dua lorong dua hala kepada dua kelas, iaitu kelas pertama dan kelas kedua.

Kelas pertama untuk jalan dua lorong dua hala membenarkan pemandu memandu dengan laju yang agak tinggi. Jenis jalan ini banyak terdapat dalam sistem pengangkutan bandar seperti jalan arteri utama yang menghubungkan laluan penjanaan kenderaan utama bandar dan juga jalan yang berulang-alik harian, rangkaian jalan tempatan ataupun persekutuan. Pada umumnya, jalan ini khas untuk melayan pergerakan pada jarak yang jauh.

Kelas kedua untuk jalan dua lorong dua hala pula membenarkan pemandu bergerak pada laju yang sederhana ataupun agak rendah. Biasanya jalan ini menghubungkan jalan kelas pertama dengan kawasan peranginan dan rekreasi ataupun dibina di kawasan yang rupa bumi yang kasar iaitu di kawasan berbukit dan beralun. Pada umumnya, jalan ini khas untuk perjalanan yang pendek, bahagian permulaan ataupun akhir perjalanan jauh atau perjalanan untuk pelancongan.

Kebanyakan arteri boleh dikelaskan dalam kelas pertama, manakala jalan pengumpul dan jalan tempatan boleh dikelaskan dalam kelas kedua. Contoh kategori jalan kelas pertama adalah dalam rupa bumi yang berbukit-bukau dan kategori jalan kelas kedua adalah kenderaan bergerak dengan laju yang tinggi. Aras perkhidmatan untuk jalan kelas pertama boleh ditakrifkan dalam peratusan masa mengikuti dan purata laju perjalanan.

Aras perkhidmatan untuk jalan kelas kedua pula ditakrifkan dalam peratusan masa mengikut sahaja dan mobiliti tidak ditimbangkan.

2.3 Keadaan Asas

Keadaan asas yang diperlukan untuk jalan dua lorong dua hala mempertimbangkan faktor-faktor geometri jalan dan persekitaran yang terhad. Keadaan asas ini adalah seperti berikut:

- Lebar lorong lebih ataupun sama dengan 3.6 m
- Bahu jalan lebih ataupun sama dengan 1.8 m
- Zon Tidak Boleh Memotong
- Semua kenderaan yang melalui jalan adalah kenderaan penumpang
- Tiada penghalang disepanjang jalan, seperti pusingan U dan lampu isyarat
- Jalan hendaklah lurus

Semasa analisis aliran jalan dua lorong dua hala dijalankan, agihan lalu lintas 50/50 pada setiap arah ditetapkan. Untuk kawasan pedalaman, agihan lalu lintas ditetapkan dalam julat 50/50 hingga 70/30 untuk setiap arah. Untuk kawasan peranginan, semasa cuti umum ataupun ketika masa kemuncak aliran lalu lintas, agihan sehalu ditetapkan pada nisbah 80/20 (TRB, 2000). Analisis jalan selorong dipertimbangkan tanpa menggunakan agihan lalu lintas. Operasi jalan dua lorong dua hala ini boleh mencapai keadaan yang ideal dengan syarat lebar dan bahu jalan melebihi atau sekurang-kurang memenuhi syarat umum yang dinyatakan di atas. Sebaliknya keadaan asas ini tidak tercapai, maka laju kenderaan dalam jalan tersebut akan menyusut dan seterusnya akan meningkatkan

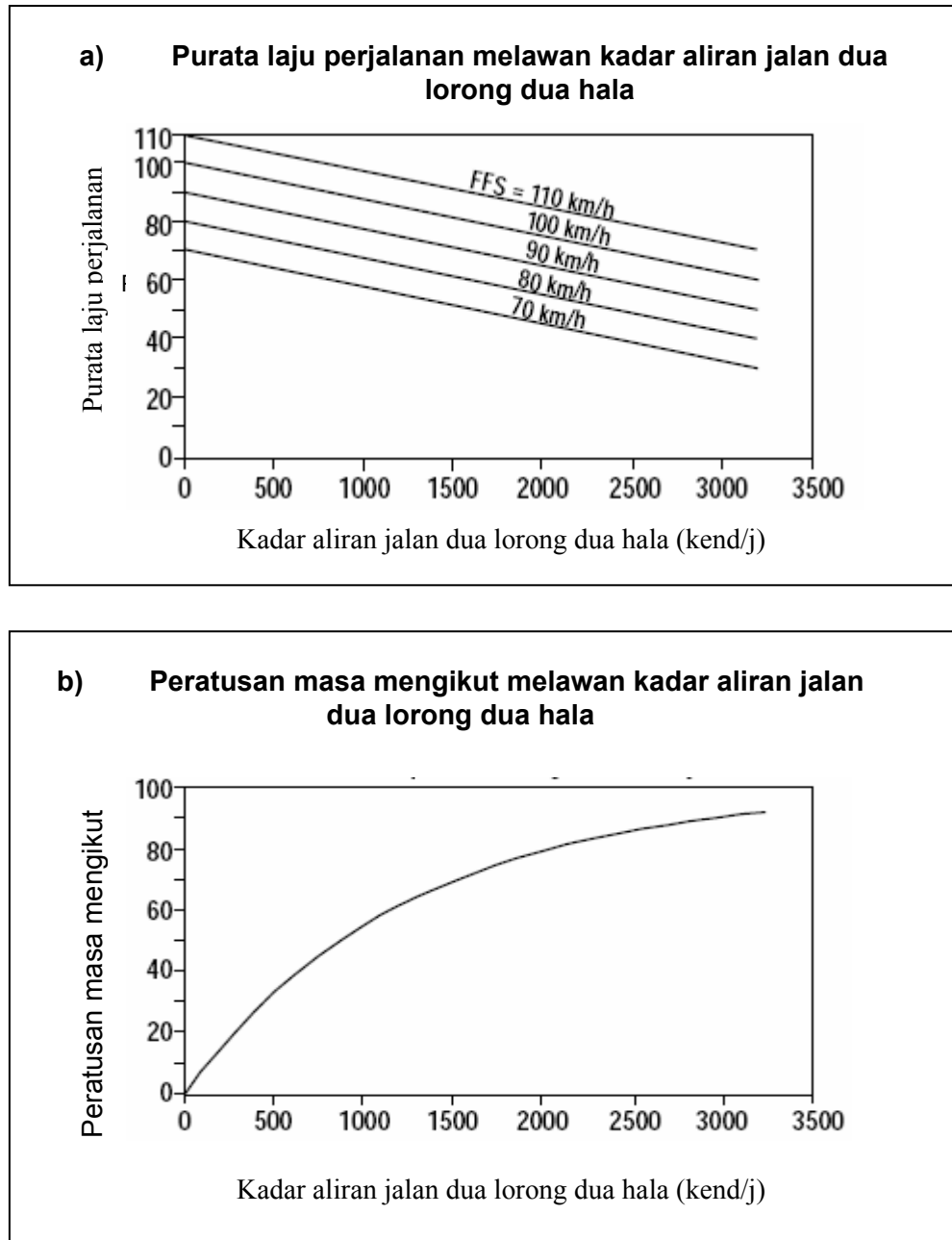
peratus masa mengikut. Kehadiran kenderaan berat juga akan menyusutkan aras perkhidmatan seperti lori besar yang memiliki lebih daripada dua gandar dan jentolak-jentolak pembinaan.

Kekerapan zon tidak boleh memotong turut dipertimbangkan dalam kajian sifat jalan dua lorong dua hala. Zon tidak boleh memotong adalah bahagian jalan yang mempunyai jarak penglihatan yang sama atau kurang daripada 300 m. Zon tidak boleh memotong juga boleh disediakan di kawasan yang terdapat persimpangan-persimpangan. Untuk kajian ini, lokasi kajian dipilih supaya berada jauh dari persimpangan supaya aliran lalu lintas yang lancar dapat diambil. Purata peratusan zon tidak boleh memotong terhadap kedua-dua arah lorong akan digunakan untuk mengkaji aliran jalan kedua-dua arah. Julat peratusan zon tidak boleh memotong adalah antara 20 hingga 50 peratus untuk kawasan pedalaman. Maka platun akan terjadi dalam lalu lintas dan seterusnya akan menimbulkan masalah pada aliran jalan (HCM, 2000). Platun ialah keadaan bagi sekumpulan kenderaan yang terhalang untuk bergerak pada halaju yang sama (Hunt, 1997)

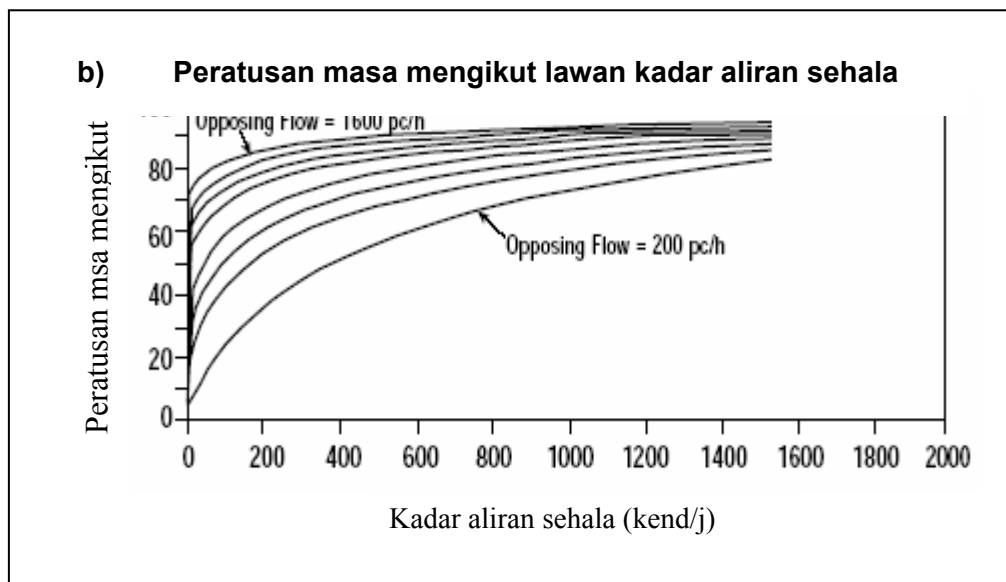
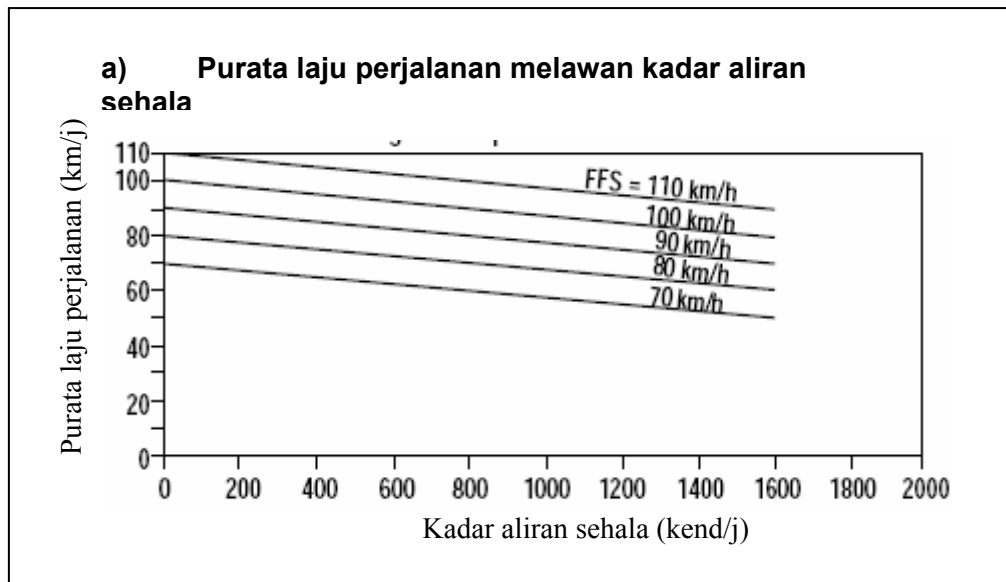
2.4 Hubungan Asas

Rajah 2.1 menunjukkan hubungan antara purata kadar aliran jalan, laju aliran jalan dan peratusan masa mengikut aliran untuk keadaan asas bagi jalan dua lorong dua hala. Keadaan ini disebabkan faktor keadaan geometri jalan termasuk ciri-ciri bahagian mendatar dan keratan rentas jalan. Ciri-ciri bahagian mendatar jalan diterangkan dengan purata peratus jalan dengan zon tidak boleh memotong. Keratan rentas jalan pula

mencirikan bahu dan tebal jalan (HCM, 2000). Data geometrik dan rekabentuk halaju digunakan untuk mendapatkan halaju aliran bebas (FFS).



Rajah 2.1 Hubungan Antara Laju Aliran dan Peratusan Masa Mengikut Bagi Jalan Dua Lorong Dua Hala Dengan Keadaan Umum. (TRB, 2000)



Rajah 2.2 Hubungan Antara Laju Aliran dan Peratusan Masa Mengikut dengan Keadaan Umum. (TRB, 2000)

Rajah 2.2 menunjukkan hubungan antara purata kadar aliran jalan, laju aliran jalan dan peratusan masa mengikut aliran untuk keadaan asas bagi jalan dua lorong dua hala. Hubungan ini menunjukkan konsep yang sama terhadap hubungan laju perjalanan melawan kadar aliran jalan bagi Rajah 2.1. Walau bagaimanapun, hubungan jalan searah dapat menunjukkan penggabungan kesan kadar aliran untuk halaju purata dan peratus masa mengikut dengan lebih terperinci. Daripada Rajah 2.2 purata laju perjalanan akan berkurang apabila laju aliran bebas bertambah. Daripada Rajah 2.2 bahagian b, peratusan masa mengikut bertambah dengan laju aliran kedua-dua arah.

2.5 Aras Perkhidmatan

Aras perkhidmatan ialah satu pengukuran kualiti yang menerangkan keadaan aliran lalu lintas terutamanya diukur 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.

Salter, (1989) menyatakan aras perkhidmatan adalah berdasarkan satu atau lebih parameter kendalian yang menerangkan mutu pengendalian bagi satu jenis kemudahan

yang tertentu. Parameter tersebut dirujuk sebagai ukuran keberkesanan dan berbeza menurut jenis kemudahan seperti yang diperincikan dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1 Ukuran Keberkesanan yang Digunakan untuk Penentuan Tahap Perkhidmatan (Salter, 1989).

Kemudahan	Ukuran Keberkesanan
Lebuhraya	
<i>Bahagian asas lebuhraya</i>	Ketumpatan Kereta (penumpang/batu/lorong)
<i>Kawasan jalin</i>	Purata Kelajuan Kembara (bsj)
<i>Simpang Tanjakan</i>	Kadar Aliran (Kereta Penumpang Sejam)
Jalan Raya Berbilang Lorong	Ketumpatan Kereta (Penumpang/batu/lorong)
Jalan Raya Dua Lorong	Peratus Masa Lengah (%)
	Purata Kelajuan Kembara (bsj)
Persilangan Berisyarat	Purata Lengah
Persilangan Tak Berisyarat	Muatan Simpanan (Kereta Penumpang Sejam)

Ciri pengendalian jalan raya dua lorong adalah berdasarkan peratus masa lengah dan purata kelajuan kembara disebabkan kadar aliran yang sentiasa berbeza-beza tetapi dengan kelajuan yang malar. Atas sebab tersebut, kelajuan sahaja tidak mencukupi untuk mentakrifkan tahap perkhidmatan jalan dua lorong dua hala.

Ukuran utama untuk perkhidmatan kualiti kelas pertama adalah peratusan masa mengikut dan purata laju perjalanan manakala untuk kelas kedua adalah berdasarkan kepada peratusan masa mengikut. Sifat aras perkhidmatan ditentukan berdasarkan kepada aliran masa kemuncak 15 minit dan jarak bahagian jalan yang dikaji. Jadual 2.2 menunjukkan sifat-sifat setiap aras perkhidmatan mengikut kelas pertama dan kedua.

Jadual 2.2: Takrifan Khas untuk Aras Perkhidmatan A hingga F Mengikut Kelas Pertama atau Kedua (TRB, 2000).

Aras perkhidmatan	Kelas	Sifat
A	Pertama	<ul style="list-style-type: none"> • Purata laju 90 km/j atau lebih untuk jalan dua lorong • Kenderaan hampir mempunyai sepenuh kebebasan untuk bergerak • Kenderaan kerap memotong untuk mencapai laju yang tinggi dan tetap • Pemandu yang terlewat dengan lebih daripada 35% dalam masa perjalanan • Jarak purata antara kenderaan memberikan ketumpatan maksimum • Kadar maksimum aliran yang boleh dicapai adalah 490 kend/j untuk kedua-dua arah
	Kedua	<ul style="list-style-type: none"> • Laju berkurang sehingga kurang daripada 90 km/j • Pemandu yang terlewat dengan lebih daripada 40% dalam masa perjalanan
B	Pertama	<ul style="list-style-type: none"> • Laju aliran jalan 80 km/j ataupun lebih sedikit daripadanya • Kenderaan hanya menghadapi halangan yang sedikit untuk bergerak • Pemandu yang terlewat dengan lebih daripada 50% dalam masa perjalanan • Kadar maksimum aliran yang boleh dicapai adalah 780 kend/j untuk kedua-dua arah
	Kedua	<ul style="list-style-type: none"> • Laju aliran jalan kurang daripada 80 km/j • Pemandu yang terlewat dengan lebih daripada 55% dalam masa perjalanan

Jadual 2.2 Samb.

Aras perkhidmatan	Kelas	Sifat
C	Pertama	<ul style="list-style-type: none"> • Laju aliran jalan 70 km/j • Pemandu yang terlewat dengan lebih daripada 65% dalam masa perjalanan • Kadar maksimum aliran yang boleh dicapai adalah 1190 kend/j untuk kedua-dua arah
C	Kedua	<ul style="list-style-type: none"> • Laju aliran jalan kurang daripada 70 km/j • Kawalan kenderaan adalah stabil tetapi aliran menghampiri julat dengan peningkatan aliran yang sedikit menyebabkan pengurangan yang banyak pada perkhidmatan • Gangguan lalu lintas masih dapat diatasi dengan kemorosotan setempat masih pada perkhidmata adalah banyak dengan pembentukan garis-gilir di tempat kejadian utama. • Pemandu yang terlewat dengan lebih daripada 70% dalam masa perjalanan
D	Pertama	<ul style="list-style-type: none"> • Min kenderaan dalam barisan adalah 5 hingga 10 • Laju aliran jalan 60 km/j • Permintaan memotong tinggi tetapi kapasiti yang memotong hampir kepada kosong. • Hampir menyamai aliran tidak stabil • Pemandu yang terlewat dengan lebih daripada 80% dalam masa perjalanan • Kebebasan bergerak amat terhad dengan pemandu mengalami pengurangan tahap fizikal dan psikologi keterlaluan • Kadar maksimum aliran yang boleh dicapai adalah 1830 kend/j untuk kedua-dua arah

Jadual 2.2 Samb.

Aras perkhidmatan	Kelas	Sifat
D	Kedua	<ul style="list-style-type: none"> • Laju aliran jalan kurang daripada 60 km/j
		<ul style="list-style-type: none"> • Pemandu yang terlewat dengan lebih daripada 85% dalam masa perjalanan
E	Pertama	<ul style="list-style-type: none"> • Peratusan masa mengikut mencapai 80 % • Purata laju perjalanan dengan keadaan umum ialah 60 km/j manakala kurang daripada keadaan umum mencapai 40 kmj atau kurang • Menerangkan kendalian muatan, aliran lalu lintas pata tahap ini amat tidak stabil • Kadar maksimum aliran yang boleh dicapai adalah 3200 kend/j untuk kedua-dua arah
	Kedua	<ul style="list-style-type: none"> • Peratusan masa mengikut mencapai lebih daripada 85 %
F	Pertama & Kedua	<ul style="list-style-type: none"> • Aliran sesakan yang serius • Aliran kerosakan atau paksa, iaitu keadaan di bahagian jalan raya tempat permintaan melebihi muatan • Isipadu jalan kurang daripada kapasiti kenderaan

2.6 Kapasiti

Kapasiti boleh ditakrifkan sebagai aliran yang menghasilkan kelajuan perjalanan minimum yang dapat diterima dan juga sebagai jumlah lalu lintas maksimum bagi keadaan aliran bebas yang selesa. U.S Highway Capacity Manual mentakrifkan muatan sebagai bilangan maksimum kenderaan yang dapat dijangka melalui satu bahagian lorong atau jalan raya pada satu atau dua arah pada masa yang tertentu di bawah keadaan jalan raya dan lalu lintas yang wujud. Masa yang diambil dalam kebanyakan analisis muatan ialah 15 minit, iaitu jeda terpendek yang dianggap terdapatnya aliran stabil.

Mengikut U.S Highway Capacity Manual (TRB, 2000) nilai kapasiti jalan dua lorong ialah 1700 ukp/jam untuk setiap arah. Untuk jalan yang besar nilai kapasiti yang digunakan ialah 3200 ukp/jam untuk kedua-dua arah. Manakala untuk jalan pendek dua lorong seperti terowong ataupun jambatan, nilai kapasiti ialah antar 3200-3400 ukp/jam untuk kedua-dua arah.

Penilaian untuk jalan dua lorong dua hala dalam Arahan Teknik (Jalan) 8/86 adalah diasaskan daripada U.S Highway Capacity Manual (1985). Kapasiti jalan adalah berkenaan dengan keupayaan jalan untuk menampung kenderaan yang melaluinya. Ia menggambarkan bilangan kenderaan maksimum yang boleh melalui bahagian jalan atau lorong yang terpilih. Kapasiti yang dikaji hanya dikhaskan kepada aliran yang tanpa gangguan. Unit ukuran kapasiti adalah kenderaan penumpang per unit. Jadual 2.3 mengklasifikasikan faktor bagi menukar unit kenderaan yang lain kepada unit kenderaan penumpang.

**Jadual 2.3 : Faktor Penukaran Untuk Kenderaan Penumpang Per Unit (pce)
(Sumber: Arahan Teknik (Jalan) 8/86)**

Jenis kenderaan	Nilai setara dalam kenderaan penumpang per unit (pce)			
	Pendalaman umum	Bandar secara umum	Reka bentuk untuk persimpangan bulatan	Reka bentuk untuk persimpangan lampu isyarat
Kenderaan penumpang	1.00	1.00	1.00	1.00
Motorsikal	1.00	0.75	0.75	0.33
Van ringan	2.00	2.00	2.00	2.00
Lori sederhana	2.50	2.50	2.80	1.75
Lori berat	3.00	3.00	2.80	2.25
bas	3.00	3.00	2.80	2.25

2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Kapasiti Dan Aras Perkhidmatan Dua lorong Dua Hala

Antara faktor penting yang mempengaruhi kapasiti dan aras perkhidmatan ialah keadaan jalan termasuk geometri jalan dan elemen lain serta keadaan lalu lintas (HCM, 2000).

Faktor ini juga memberi kesan kepada laju kenderaan. Antara faktor-faktor keadaan jalan adalah:-

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

Antara faktor-faktor keadaan lalu lintas ialah:

1. Jenis kenderaan
2. Agihan berarah

2.7.1 Jenis Kenderaan

Kehadiran kenderaan berat 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 ruang yang besar pada aliran lalu lintas. Kesan ini susah diatasi.

2.7.2 Agihan Berarah

Pertimbangan paling penting dalam perancangan mana-mana lebuhraya ialah agihan berarah bagi lalu lintas. 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. Agihan arah dinyatakan oleh faktor agihan berarah (D%) dan didapati daripada Persamaan (2.1)

$$D = \frac{\text{Jumlah Kenderaan Searah}}{\text{Jumlah Kenderaan Kedua-dua Arah}} \times 100 \quad (2.1)$$

Untuk tujuan membuat rekabentuk, isipadu pada arah yang terberat diambil kira. Nilai ini penting untuk memastikan jumlah lorong yang perlu disediakan.

2.8 Kajian Taburan Jarak Kepala Dalam Aliran Lalu Lintas Jalan Raya

Antara aspek yang dianggap mempengaruhi kemalangan jalan raya dan kemampuan aliran lalu lintas ialah jarak mengekor pemandu. Jarak mengekor pemandu atau jarak kepala kenderaan ialah sela masa antara kenderaan yang berturut-turut melalui satu titik di jalan raya. Menurut U.S Highway Capacity Manual (TRB, 2000) had masa bagi jarak kepala antara kenderaan ialah kurang daripada 3 saat.

Pada keadaan jarak kepala kenderaan kurang daripada 3 saat, pemandu kelihatan terhalang oleh kenderaan di hadapan. Kenderaan akan bergerak dengan perlahan dengan jarak antara kenderaan adalah minimum. Pada suatu masa, apabila kapasiti jalan adalah maksimum, platun akan terbentuk di mana sekumpulan kenderaan akan terhalang untuk bergerak pada halaju yang sama. Jika jarak kepala lebih daripada 3 saat, pemandu kelihatan tidak lagi dipengaruhi oleh kenderaan dihadapan. Pemandu yang tidak terhalang kenderaan dihadapan tidak mempunyai jarak kepala minimum kerana ia berupaya memotong kenderaan dihadapan.

Apabila aliran lalu lintas mencapai nilai maksimumnya, maka jarak kepala masa mencapai nilai minimumnya. Jika jarak kepala masa dicerap dalam sebarang jangka masa, nilai tiap-tiap jarak kepala masa banyak berbeza. Darjah perbezaan tersebut bergantung kepada keadaan jalan raya dan lalu lintas. Di lebuhraya luar bandar yang tidak sibuk, dengan pemandu kenderaan boleh memotong kenderaan sesuka hati, satu julat jarak kepala akan dicerap iaitu dari nilai kosong antara kenderaan yang memotong hingga jarak kepala yang lebih panjang antara kenderaan yang berjauhan. Bagi keadaan jalan raya yang lebih sibuk iaitu aktiviti memotong kurang dapat dilakukan dan kenderaan adalah rapat-rapat, jarak kepala adalah seragam ketika mengekori satu sama lain di sepanjang jalan raya (Salter, 1989).

Haight et al.(1961) telah mengkaji hubungan di antara taburan membilang dengan sela tetapi biasanya taburan sela yang dikaji, tempoh cerapan yang lebih pendek diperlukan bagi mengumpul data untuk penyelidikan tentang taburan membilang. Dalam kajian tentang muatan persilangan, sela dalam aliran di jalan major digunakan oleh kenderaan jalan minor untuk masuk ke jalan major.

Kinzer (1934) dan Adams (1936) adalah yang terawal mencadangkan taburan jarak kepala untuk aliran lalu lintas. Cadangan mereka ialah taburan eksponen negatif adalah penyesuaian yang baik kepada taburan sela bertokok. Adam (1936) menggambarkan kesahihan taburan eksponen negatif menerusi pencerapan lalu lintas di London. Apabila taburan tersebut mewakili taburan jarak kepala bertokok, maka kenderaan tiba secara rawak dan taburan membilang boleh diwakili dengan taburan Poisson. Aliran jenis

tersebut boleh didapati apabila terdapat kesempatan yang banyak untuk memotong, iaitu pada nisbah jumlah lalu lintas rendah.

Terdapat dua pendekatan umum kepada kaedah pengukuran jarak kepala. Jarak kepala boleh diukur dengan alat yang mencatat ketibaan berturutan kenderaan di satu titik yang tetap (taburan jarak kepala masa). Kedua ialah dengan cara penggambaran udara yang pada sesuatu ketika merekod taburan jarak antara kenderaan yang berturutan (taburan jarak kepala ruang). Jarak kepala adalah berbeza antara semua jenis jarak kepala, jadi pendekatan kaedah statistik dan teori kebarangkalian diguna untuk menggambarkan taburan jarak kepala yang dicerap (Salter, 1989).

Mengikut Che Puan (2004), jarak mengekor pemandu ini boleh dicerap dengan menggunakan kamera video untuk merakam pergerakan lalu lintas. Kajian ini dilakukan bagi 8000 kenderaan di empat lokasi di Malaysia. Jarak kepala dan kelajuan kenderaan yang berkait dengannya diasingkan kepada kategori kenderaan mengekor menurut jenis kenderaan dan kemudiannya diasingkan kepada kelas-kelas kelajuan bagi kategori kenderaan mengekor kenderaan iaitu:

1. Kereta mengekor kereta
2. Kereta mengekor kenderaan perdagangan (HGV)
3. HGV mengekor HGV
4. HGV mengekor kereta.

Che Puan (1999) menerangkan dalam kaedah menggunakan video kamera ini, kesulitan yang utama sekali ialah untuk mencari lokasi yang jelas dan sesuai untuk meletak

kamera. Untuk setiap lokasi, 2 kamera digunakan untuk merekod perjalanan kenderaan. Jarak antara kamera ialah 100m hingga 200m. Kaedah ini mengambil kitar masa untuk 3 waktu dalam sehari iaitu dari jam 8.00 pagi hingga 10.00 pagi, dari 12.00 tengahari hingga 2.00 petang dan dari 4.00 petang hingga 7.00 malam. Halaju maksimum untuk jalan yang dikaji ialah 90 km/j. Kajian ini mestilah dilakukan semasa hari bekerja dan di bawah keadaan cuaca yang terkawal.

Dalam senarai rujukan 'Othman Che Puan' (1999) dalam kebanyakan kes taburan data, jarak kepala bagi kenderaan dalam kelas kelajuan tertentu berbentuk log-normal. Model-model regresi linear dibina bagi menjelaskan hubungan di antara jarak kepala dan laju kenderaan. Kesimpulan daripada kajian ini, pemandu di Malaysia cenderung untuk mengekor kenderaan dihadapannya pada jarak yang rapat. Deretan-deretan kenderaan kelihatan terbentuk dengan cepat.

2.9 Jarak Mengekor Kenderaan

Kelakuan pemandu mengekor kenderaan adalah proses di mana pemandu cenderung untuk mengubah jarak antara kenderaan di hadapan sama ada dengan mengubah halaju kenderaan ataupun dengan menstabilkan halaju kenderaan supaya jarak antara kenderaan adalah tetap dengan kenderaan di hadapan. Dalam situasi aliran minimum, pemandu cenderung untuk memecut berdasarkan keadaan geometri jalan, pencahayaan dan keadaan cuaca. Pemandu mestilah pandai mengawal halaju kenderaan dan posisi kenderaan supaya jarak antara kenderaan adalah selamat sepanjang masa.

Untuk jalan sehalu, apabila aliran lalu lintas tinggi, kenderaan bergerak mengikut platun dan kegiatan memotong adalah tersekat. Dalam situasi keadaan kenderaan tidak boleh memotong, pemandu kereta yang berhalaju tinggi terpaksa mengurangkan halaju supaya berkeadaan sama dengan kenderaan dihadapan yang bergerak perlahan. Jarak antara kereta akan turut berkurangan apabila halaju kenderaan berkurang. Hunt (1997) menyatakan keadaan ini dikelaskan sebagai 'zon yang dipengaruhi'. Apabila pengurangan halaju ini lengkap, kenderaan akan bergerak dengan halaju yang malar berdasarkan halaju kenderaan di hadapan. Hubungan pemandu dalam aliran platun ini stabil sehinggalah pemandu yang mengekor kenderaan di hadapan memotong kenderaan tersebut.

Kelakuan mengekor pemandu ini telah banyak dikaji oleh mereka yang terlibat dalam kajian lalu lintas seperti May et al. (1967), Gipps (1981), Miyahara (1994) dan Che Puan (1999). Hasil kajian mereka adalah berkenaan hubungan antara jarak kepala kenderaan dan halaju. Rumusan dari kajian Che Puan ditunjukkan dalam model regresi iaitu:

$$H = A_0 + A_1V \quad (2.2)$$

Dimana : H ialah jarak kepala kenderaan (meter)

V ialah halaju kenderaan (m/s)

A_0 ialah panjang kenderaan (meter)

A_1 ialah masa tindak balas pemandu (saat)