

ANALISIS MASA KETIBAAN DAN PELEPASAN TREN BAGI  
SISTEM TRANSIT ALIRAN RINGAN: KAJIAN KES LRT LALUAN AMPANG

SALNURAINI BINTI DAWAM @ TAWIL

Laporan disertasi ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat  
penganugerahan Ijazah Sarjana Sains Kejuruteraan Pengangkutan Rel

Pusat Pengajian Siswazah  
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

JANUARI 2015

## ABSTRAK

Ketepatan ketibaan keretapi adalah elemen yang sangat penting dalam pengendalian perkhidmatan keretapi dan juga merupakan elemen utama yang dititikberatkan oleh pengguna dalam pemilihan menggunakan pengangkutan awam. Kelewatan ketibaan tren memberi impak secara langsung kepada penumpang di mana mereka perlu menunggu lebih lama dan menyebabkan kebolehpercayaan penumpang berkurang terhadap jadual tren yang disediakan oleh operator pengendali sistem transit serta menyebabkan aktiviti mereka terjejas. Kajian ini adalah mengkaji masa ketibaan dan pelepasan tren dari stesen bagi aliran transit ringan LRT laluan Ampang dan membandingkan dengan jadual sebenar yang ditetapkan oleh operator pengendali. Seterusnya mengkaji fungsi sistem isyarat di stesen dengan hubungkait jadual perjalanan tren. Di antara parameter mobiliti tren yang dicerap adalah nombor tren, masa ketibaan tren, masa berlepas tren, masa tren menunggu di platform dan *headway* (jarak di antara tren hadapan dengan tren belakang). Cerapan data diambil pada tiga fasa iaitu fasa pertama waktu puncak pagi, fasa kedua waktu tengahari dan fasa ketiga adalah waktu puncak petang. Cerapan dijalankan di beberapa stesen LRT dengan meliputi keseluruhan aliran laluan Ampang. Daripada kajian ini didapati korelasi antara masa ketibaan, masa tren menunggu, masa pelepasan dan *headway* mempunyai kaitan dengan ketepatan dan kelewatan ketibaan tren. Apabila jarak masa diantara ketibaan tren dengan masa pelepasan tren terlalu lama menyebabkan masa tren menunggu di platform adalah lama dan menyebabkan jarak masa ketibaan tren seterusnya menjadi lewat dan menyebabkan kelewatan tren berlaku. Sistem isyarat dalam operasi sistem transit adalah sangat penting kerana mempunyai hubungkait dengan ketibaan dan pelepasan tren. Apabila tren tiba lewat menunjukkan nilai negatif pada sistem isyarat di platform dan nilai positif apabila tren tiba tepat di platform.

## ABSTRACT

The punctuality time arrival of the railway is a very important element in the operation of a train service and also as a major element to the passenger in priority choosing to use public transport. When the train delay arrive it will give impact directly to passengers where they have to wait longer and cause reduced reliability of passenger trains on the schedule provided by the operators transit system. As well as causing their activity affected. This study is to investigate the punctuality time arrival and departure train from station for LRT Ampang line and compare with the actual schedule set provided by the operator. Next review correlation between function of signal system at the station with provided timetable. In this study the parameter that were observed are the number of mobility train, time train arrival and departure time, waiting time train at the platform and headway between train. In this research the observational data were collected in three phases: the first phase at the morning peak hour, the second phase at the afternoon and the third phase at the evening peak hour. The study carried out in several LRT stations to cover the entire overall LRT Ampang line. The study shows a correlation between the times of arrival train, waiting time train at the platform, departure time and headway has affected to the punctuality time arrival and train delays. When the time interval between time arrivals of a train with the departure time is too long it will cause waiting time of train at the platform is too long and causes the arrival time of the next train is delays. Signalling systems in operation transit system also has a correlation with the arrival and departure of trains. When the train arrive delay the signal system on the platform it will show negative values and it will show positive value when the train punctual arrive at the platform.

## KANDUNGAN

	<b>TAJUK</b>	<b>i</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	<b>ii</b>
	<b>DEDIKASI</b>	<b>iii</b>
	<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
	<b>KANDUNGAN</b>	<b>vii</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>xi</b>
	<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>xii</b>
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	<b>xvi</b>
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Penyataan masalah	3
	1.3 Matlamat dan objektif kajian	4
	1.4 Skop kajian	4
	1.5 Kepentingan kajian	5
	1.6 Struktur laporan disertasi	6
<b>BAB 2</b>	<b>Kajian Literatur</b>	<b>8</b>
	2.1 Pendahuluan	8
	2.2 Terminologi dan definisi ketepatan dan kelewatan tren	9
	2.3 Pengukuran ketepatan dan kelewatan masa ketibaan tren	11

2.4	Kategori kelewatan masa perkhidmatan tren	13
2.4.1	Faktor kelewatan utama	14
2.4.2	Faktor kelewatan sekunder	15
2.5	Perspektif penumpang terhadap perkhidmatan tren di Malaysia	16
2.6	Sejarah perkembangan sistem isyarat	17
2.7	Jenis – jenis lampu isyarat	18
2.7.1	Isyarat mekanikal	19
2.7.2	Isyarat elektrik	19
2.8	Sistem isyarat dan komunikasi	20
2.8.1	<i>Axel counter</i>	20
2.8.2	<i>Track circuit</i>	21
2.9	Sistem blok	23
2.9.1	Blok automatik	23
2.9.2	Blok tetap “ <i>Fixed block</i> ”	24
2.9.3	Blok bergerak “ <i>Moving block</i> ”	25
2.10	Sistem isyarat yang digunakan dalam LRT laluan Ampang	26
2.11	<i>Passenger Information Display System (PIDS)</i>	28
2.12	Jenis – jenis pengangkutan rel transit di Malaysia	30
2.12.1	<i>Light Rail Transit (LRT)</i>	30
2.12.2	Monorel	31
2.12.3	Komuter	32
2.12.4	<i>Ekspress Rail Link (ERL)</i>	33
2.12.5	<i>Mass Rapid Transit (MRT)</i>	33
2.13	Ringkasan Bab	34
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI KAJIAN</b>	<b>36</b>
3.1	Pendahuluan	36
3.2	Carta alir metodologi kajian	37
3.3	Kaedah kajian	38
3.4	Kaedah pelaksanaan kajian	38
3.4.1	Kajian fasa pertama	38

3.4.2	Kajian fasa kedua	39
3.5	Pemerhatian lokasi kajian	40
3.5.1	Pemilihan lokasi kajian	40
3.6	Lokasi kajian	41
3.7	Proses kajian mencerap data	45
3.8	Analisis fungsi sistem isyarat	47
3.8.1	Tinjauan di Pusat Kawalan	47
3.9	Ringkasan Bab	49
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS DATA DAN KEPUTUSAN</b>	<b>50</b>
4.1	Pendahuluan	50
4.2	Pemerhatian di lokasi	50
4.3	Analisis data mobiliti tren : Ketepatan masa ketibaan, masa menunggu dan masa berlepas tren	51
4.4	Analisis ketepatan masa ketibaan tren	51
4.4.1	Laluan Ampang dan Sri Petaling ke Sentul Timur	52
4.5	Analisis masa tren menunggu di stesen	63
4.5.1	Laluan Ampang dan Sri Petaling ke Sentul Timur	63
4.6	Analisis kekerapan tren	75
4.6.1	Laluan Ampang dan Sri Petaling ke Sentul Timur	75
4.7	Korelasi parameter masa ketibaan, masa tren menunggu dan masa pelepasan tren	82
4.8	Analisis fungsi lampu isyarat dan hubungkait dengan jadual sistem perjalanan sistem LRT	84
4.8.1	<i>Count Down Display (CDD)</i>	85
4.9	Faktor – faktor kelewatan tren LRT	88
4.10	Ringkasan Bab	91

<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>92</b>
5.1	Pendahuluan	92
5.2	Kesimpulan	92
5.3	Cadangan kajian masa hadapan	93
	<b>RUJUKAN</b>	<b>95</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>99</b>

**SENARAI JADUAL**

2.1	Sumber kelewatan utama (Goverde Rob M.P., 2005)	15
2.2	Sumber kelewatan sekunder (Goverde Rob M.P., 2005)	16
2.3	Perbezaan antara CVKL <i>track circuit</i> dengan JADE <i>track circuit</i>	22
2.4	Mesej dari <i>Count Down Display</i> (CDD)	26
4.1	Peraturan keseluruhan masa ketibaan tren pada waktu pagi	55
4.2	Peraturan keseluruhan masa ketibaan tren pada waktu tengahari	59
4.3	Peraturan keseluruhan masa ketibaan tren pada waktu petang	62
4.4	Kelewatan subsistem yang mempunyai kaitan dengan sistem	90
4.5	Kelewatan subsistem yang tiada kaitan dengan sistem	90



## SENARAI RAJAH

1.1	Peta transit rel berintegrasi Lembah Klang	7
2.1	Ketibaan tren lewat kurang daripada 5 minit dari tahun 1999 - 2002. Data daripada (NEA 2003)	11
2.2	Pembahagian masa sebenar perjalanan. Saiz biasa relatif perjalanan asas (Nyström, Birre, 2008)	14
2.3	Isyarat tangan (Kichenside Geoffrey, 2013)	18
2.4	Pengawal sistem isyarat (Andy Lawrence, 2011)	18
2.5	Isyarat Semaphore	19
2.6	Lampu isyarat elektrik	20
2.7	Susun atur alatan <i>axle counter</i> (M.S.Durmus et, al. 2010)	21
2.8	Kedudukan <i>axle counter</i> di landasan keretapi	21
2.9	Kotak <i>Track Circuit</i>	22
2.10	Sambungan litar elektrik CVKL <i>track circuit</i>	22
2.11	Sambungan litar elektrik JADE <i>track circuit</i>	23
2.12	Sistem <i>fixed block</i> (Merah – Merah – Hijau)	25
2.13	<i>Moving block</i>	26
2.14	Struktur sistem PIDS	29
2.15	Lokasi dan paparan pada <i>Passenger Information Display System</i> (PIDS) LRT Ampang	29
2.16	Tren LRT laluan Kelana Jaya	31
2.17	Tren LRT laluan Ampang	31
2.18	<i>Rolling stock</i> KL Monorel	32
2.19	KTM Komuter 6 gerabak	32
2.20	Tren ERL	33
2.21	<i>Rolling stock</i> MRT	34
3.1	Carta alir kajian	37
3.2	Permit kerja	39

3.3	Rajah LRT laluan Ampang	41
3.4	Peta Stesen LRT Maluri	43
3.5	Peta stesen LRT Bandar Tun Razak	44
3.6	Peta stesen LRT Plaza Rakyat	45
3.7	Jam randik digital	46
3.8	Cerapan data di jalankan di stesen LRT	46
3.9	Kawalan operasi LRT pada paparan TAMSYS	47
3.10	CCO mengawal perjalanan tren di Pusat Kawalan	48
3.11	Penyelidik membuat pemerhatian di pusat kawalan operasi LRT	48
3.12	Keadaan di platform stesen Chan Sow Lin dari paparan kamera litar tertutup di Pusat Kawalan	49
4.1	Peratusan ketibaan tren pada waktu pagi Ampang ke Chan Sow Lin	54
4.2	Peratusan ketibaan tren pada waktu pagi Sri Petaling ke Chan Sow Lin	54
4.3	Peratusan ketibaan tren pada waktu pagi Chan Sow Lin ke Sentul Timur	55
4.4	Peratusan ketibaan tren pada waktu tengahari Ampang ke Chan Sow Lin	57
4.5	Peratusan ketibaan tren pada waktu tengahari Sri Petaling ke Chan Sow Lin	58
4.6	Peratusan ketibaan tren pada waktu tengahari Chan Sow Lin ke Sentul Timur	58
4.7	Peratusan ketibaan tren pada waktu petang Ampang ke Chan Sow Lin	61
4.8	Peratusan ketibaan tren pada waktu petang Sri Petaling ke Chan Sow Lin	61
4.9	Peratusan ketibaan pada waktu petang Chan Sow Lin ke Sentul Timur	62
4.10	Masa tren menunggu di stesen Maluri pada waktu pagi	64
4.11	Masa tren menunggu di stesen Bandar Tun Razak pada waktu pagi	65

4.12	Masa tren menunggu di stesen Plaza Rakyat pada waktu pagi	65
4.13	Graf masa tren menunggu di platform	66
4.14	Keadaan tren di platform sekitar pukul 8.00 pagi	66
4.15	Masa tren menunggu di stesen Maluri pada waktu tengahari	68
4.16	Masa tren menunggu di stesen Bandar Tun Razak pada waktu tengahari	68
4.17	Masa tren menunggu di stesen Plaza Rakyat pada waktu tengahari	69
4.18	Graf masa tren menunggu di platform	70
4.19	Masa tren menunggu di stesen Maluri pada waktu petang	72
4.20	Masa tren menunggu di stesen Bandar Tun Razak pada waktu petang	72
4.21	Masa tren menunggu di stesen Plaza Rakyat pada waktu petang	73
4.22	Masa tren menunggu di stesen pada waktu petang	74
4.23	<i>Mimic Panel</i>	74
4.24	Keadaan platform pada waktu petang	75
4.25	Masa kekerapan tren laluan Ampang ke Chan Sow Lin waktu pagi	76
4.26	Masa kekerapan tren laluan Sri Petaling ke Chan Sow Lin waktu pagi	77
4.27	Masa kekerapan tren laluan Chan Sow Lin ke Sentul Timur waktu pagi	77
4.28	Masa kekerapan tren laluan Ampang ke Chan Sow Lin waktu tengahari	78
4.29	Masa kekerapan tren laluan Sri Petaling ke Chan Sow Lin waktu tengahari	79
4.30	Masa kekerapan tren laluan Chan Sow Lin ke Sentul Timur waktu tengahari	79
4.31	Masa kekerapan tren laluan Ampang ke Chan Sow Lin waktu petang	80

4.32	Masa kekerapan tren laluan Sri Petaling ke Chan Sow Lin waktu petang	81
4.33	Masa kekerapan tren Chan Sow Lin ke Sentul Timur waktu petang	81
4.34	Masa kekerapan tren, <i>Headway</i>	83
4.35	Masa perjalanan tren laluan Ampang ke Chan Sow Lin	84
4.36	Konfigurasi CDD	86
4.37	CDD alatan luaran di hujung platform	86
4.38	Rajah skematik carta alir CDD menghantar dan menerima data	87

**SENARAI SINGKATAN**

CBTC	-	<i>Control Base Train Communication</i>
CCU	-	<i>Control Centre Unit</i>
CDD	-	<i>Count Down Display</i>
CTO	-	<i>Control Train Officer</i>
CVKL	-	<i>Constant Voltage Kuala Lumpur</i>
EQATS	-	<i>Engineering Quality Audit Technical Support</i>
ERL	-	Ekspress Rail Link
GPS	-	<i>Global Positioning System</i>
KLIA	-	Kuala Lumpur International Airport
KTM	-	Keretapi Tanah Melayu
KTMB	-	Keretapi Tanah Melayu Berhad
LCU	-	<i>Local Central Unit</i>
LRT	-	<i>Light Rail Transit</i>
MRT	-	<i>Mass Rapid Transit</i>
OCC	-	<i>Officer Control Centre</i>
PA	-	<i>Public Address</i>
PIDS	-	<i>Passenger Information Display System</i>
SPMB	-	Syarikat Prasarana Malaysia Berhad
TAMSY	-	<i>Traffic Management System</i>
TNMD	-	<i>Track and Maintenance Department</i>
TRA	-	<i>Taiwan Railway Administration</i>
WEES	-	<i>Way side, Electrical and Electronics, Signalling</i>

**SENARAI LAMPIRAN**

A	Borang cerapan	100
B	Data cerapan	101
C	Jadual perjalanan dan kekerapan tren LRT oleh pengendali	118
D	Jumlah keseluruhan penumpang tahunan RapidKL Rel	121
E	Peta laluan LRT Ampang terhadap masa sistem isyarat	123
F	Jadual masa perancangan sebenar laluan tren	125
G	Surat perlantikan <i>co-supervisor</i> dari LRT Ampang	146

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 Pendahuluan**

Keretapi atau tren adalah merupakan salah satu mod pengangkutan darat yang boleh membawa penumpang dengan kapasiti yang banyak dalam satu masa. Kewujudan sistem pengangkutan dalam sesebuah kawasan memudahkan pergerakan penduduk dari satu tempat ke tempat yang lain. Peredaran zaman membawa banyak perubahan dalam pengangkutan keretapi antaranya dari segi sistem untuk menggerakkan keretapi tersebut, struktur bahan binaan keretapi, kelajuan keretapi, sistem kawalan isyarat keretapi, dan membaik pulih keretapi. Kemajuan ini membawa evolusi kepada negara-negara maju seperti Jepun, China, Korea, Perancis dan German bersaing mencipta keretapi yang berteknologi canggih dengan kelajuan yang tinggi.

Pengangkutan keretapi di Malaysia telah lama wujud pada lewat kurun ke-19 ketika British memperkenalkannya di Tanah Melayu untuk kepentingan ekonomi mereka bagi mempercepatkan pengangkutan bijih timah dari kawasan perlombongan ke pelabuhan-pelabuhan di sepanjang pantai (<http://web.moe.gov.my>). Kepesatan pembangunan di era globalisasi ini Malaysia telah mengorak langkah dengan memperbaharui sistem pengangkutan keretapi Negara dengan mewujudkan pelbagai jenis sistem pengangkutan keretapi antaranya Keretapi Tanah Melayu (KTM) Komuter, *Light Rail Transit* (LRT), Monorel, *Ekpress Rail Link* (ERL), dan *Mass Rapid Transit* (MRT). Setiap sistem pengangkutan keretapi yang terdapat di Malaysia ini mempunyai jajaran yang berlainan seperti LRT dan Monorel lebih tertumpu di pusat bandaraya Kuala Lumpur.

KTM Komuter dan MRT mempunyai jajaran yang menghubungkan kawasan luar bandar dengan bandar. Manakala ERL adalah berbeza dengan sistem keretapi yang lain kerana ia merupakan sistem keretapi yang berkelajuan tinggi dan hanya menghubungkan pusat bandar dengan Lapangan Terbang Antarabangsa Kuala Lumpur (KLIA). Selain itu terdapat juga Keretapi Tanah Melayu Berhad (KTMB) yang bukan hanya membawa penumpang dengan menghubungkan bandar diantara bandar malah ia juga membawa ia juga membawa muatan kargo. Aliran transit semua sistem rel berintegrasi di Malaysia dapat dilihat dalam Rajah 1.1.

Kini, Malaysia semakin hampir menuju ke tahun 2020, tempoh yang telah ditetapkan untuk menjadi sebuah Negara maju dan berpendapatan tinggi. Pelbagai pelan transformasi Negara telah dirancang untuk menjadikan Malaysia setaraf dengan Negara serantau antaranya pelan meningkatkan pengangkutan awam di bandar. Penggunaan pengangkutan rel menyumbang kira-kira 40% daripada bilangan penumpang harian pengangkutan awam (pemandu). Sistem pengangkutan awam yang cekap sangat diperlukan dan penting di Malaysia yang kini semakin hampir untuk menjadi sebuah Negara berpendapatan tinggi. Kecekapan sistem pengangkutan rel adalah merujuk kepada jadual perjalanan dan ketepatan ketibaan masa keretapi tersebut di setiap stesen. Ketepatan masa jadual perjalanan keretapi merupakan elemen yang penting untuk menentukan tahap keberkesanan sesuatu sistem mengendalikan sistem pengangkutan rel.

“Ketepatan masa ketibaan tren adalah keutamaan bagi penumpang dan industri perlu terus fokus untuk memastikan bahawa tren berjalan pada masa yang ditetapkan. Bagi mendapatkan kepercayaan penumpang terus mempercayai jadual waktu yang dijadualkan” (Anthony Smith, Ketua Eksekutif Fokus Penumpang Eropah). Ketepatan ketibaan masa kereta api merupakan satu ciri penting dalam perkhidmatan mod pengangkutan awam di seluruh negara.

Sistem isyarat dan komunikasi adalah sangat penting dalam mengawal pergerakan perjalanan keretapi menjadi lebih lancar dan sistemik. Tujuan sistem isyarat dan komunikasi dalam jaringan rel adalah untuk mengawal kereta api dengan cara yang selamat bagi keadaan-keadaan di hadapan dan mengekalkan keadaan kereta api dalam jarak yang selamat kepada mana-mana kereta api hadapan atau buntu di hadapan (Bonnett dan Clifford F, 2011). Tambahan lagi untuk mengelakkan penetapan pergerakan yang bercanggah dengan *right of way* iaitu yang bermaksud hak laluan. Sistem isyarat dan sistem kawalan perlu mempunyai keselamatan dalam



perlaksanaan sistem rel kerana ia memberi impak yang ketara terhadap operasi kereta api.

Kegagalan sistem isyarat dan komunikasi akan memberi impak yang besar dalam pengendalian operasi rel antaranya menyumbang kepada kemalangan yang boleh meragut nyawa para penumpang. Antaranya kemalangan yang dicatatkan yang berlaku di Malaysia pada 25 September 2008, dilaporkan sekurang-kurangnya 300 orang penumpang mengalami kecederaan yang serius dalam kemalangan yang melibatkan LRT laluan Sri Petaling. Kemalangan berlaku apabila sebuah tren dari Sungai Besi berhenti secara tiba-tiba 200 meter daripada stesen sebelum dilanggar oleh tren yang datang dari arah belakang (The Star, news). Punca kemalangan dilaporkan adalah disebabkan sistem isyarat mengalami masalah pada ketika itu. Rentetan kejadian itu menyebabkan perkhidmatan tren pada hari tersebut mengalami gangguan dan kelewatan masa. Insiden ini menunjukkan sistem isyarat dan komunikasi sangat penting dalam perkhidmatan jaringan rel.

Kajian ini adalah mengenai ketepatan serta kelewatan masa perkhidmatan bagi sistem pengangkutan rel terhadap sistem isyarat. Kajian ini dijalankan untuk menganalisis terhadap masa ketibaan, masa menunggu dan masa pelepasan tren dari stesen. Kajian ini adalah penting untuk menambahkan mutu perkhidmatan jaringan industri rel di negara Malaysia.

## **1.2    Penyataan masalah**

Ketepatan masa perjalanan tren mengikut jadual yang disediakan oleh pihak operator adalah sangat penting bagi penumpang dan ia merupakan elemen utama dalam pengukuran tahap keberkesanan perkhidmatan. Perkhidmatan rel yang tidak mengikut jadual perjalanan akan sering mengakibatkan kelewatan masa ketibaan tren dan pembatalan perjalanan tren yang kerap, hal ini akan memberi impak negatif kepada pengguna. Oleh demikian, ini menyebabkan penumpang sukar merancang perjalanan mereka dan aktiviti kehidupan seharian penumpang terganggu disebabkan pengangkutan rel yang tidak teratur dan tidak cekap. Oleh itu, kajian mengenai ketepatan masa adalah amat penting dalam usaha menyediakan perkhidmatan rel dengan sistem yang efektif dan efisien. Apabila sistem isyarat dan komunikasi mengalami masalah ia akan menyebabkan jadual perjalanan terganggu dan keretapi

tidak dapat sampai tepat pada waktu yang ditetapkan. Seterusnya menyebabkan waktu menunggu pengguna menjadi lebih lama dan keadaan di stesen akan menjadi padat dengan orang ramai terutamanya ketika waktu puncak. Keadaan ini menyebabkan kualiti perkhidmatan pengangkutan rel menjadi kurang memuaskan dan menyebabkan orang ramai kurang menggunakan perkhidmatan pengangkutan rel sebagai pengangkutan yang utama di Malaysia.

### **1.3 Matlamat dan objektif kajian**

Matlamat kajian ini adalah untuk menganalisis sistem isyarat terhadap ketepatan masa dan kelewatan masa perjalanan sistem pengangkutan rel yang berbeza yang terdapat di Malaysia. Di antara objektif kajian ini adalah:

- a) Untuk mengkaji dan menganalisis ketepatan masa ketibaan tren, masa menunggu dan masa berlepas daripada stesen bagi sistem LRT laluan Ampang.
- b) Untuk melaksanakan perbandingan dan analisis masa perkhidmatan tren sebenar dengan jadual yang telah ditetapkan oleh pihak pengendalian operator.
- c) Untuk mengkaji dan menganalisis fungsi sistem isyarat di stesen dan hubungkait dengan jadual perjalanan sistem pengangkutan rel yang dikaji.

### **1.4 Skop kajian**

Kajian penyelidikan ini memfokus kepada menentukan tahap ketepatan masa ketibaan tren di stesen bagi LRT aliran Ampang. Elemen utama yang dikaji dalam kajian ini ialah masa yang diambil bagi sesebuah tren sampai di stesen berdasarkan jarak masa antara tren dalam jadual frekuensi tren yang ditetapkan oleh operator pengendali seperti di Lampiran. Seterusnya masa tren menunggu di stesen iaitu masa yang diambil oleh sesebuah tren bagi menurunkan dan mengambil penumpang di platform. Kaedah cerapan data adalah dengan menggunakan kaedah cerapan data sebenar di beberapa stesen LRT aliran Ampang yang merangkumi semua jajaran LRT aliran Ampang iaitu laluan Ampang ke Chan Sow Lin, Sri Petaling ke Chan

Sow Lin dan Chan Sow Lin ke Sentul Timur. Waktu cerapan data dijalankan adalah pada waktu puncak pagi dan petang serta pada waktu biasa tengahari. Kajian ini adalah untuk membandingkan dan menganalisis mengenai masa perkhidmatan tren LRT aliran Ampang terhadap jadual perjalanan tren yang telah ditetapkan oleh pihak pengendalian operator. Selain daripada itu, diakhir kajian ini korelasi di antara ketepatan masa ketibaan tren, masa tren menunggu dan kekerapan waktu ketibaan tren, masa operasi perkhidmatan LRT dapat dinilai tahap keberkesanan perkhidmatan berdasarkan peratusan ketepatan dan kelewatan ketibaan tren.

### **1.5 Kepentingan kajian**

Kajian ini menyumbang kepada pengetahuan secara umum terhadap kejuruteraan kereta api. Tujuan kajian akademik ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik daripada perspektif tentang ketepatan masa tren. Kajian terhadap sistem isyarat dan komunikasi adalah penting kerana ia berkait rapat dengan keselamatan dan ketepatan masa ketibaan sesebuah tren. Ia juga boleh membantu meningkatkan keberkesanan tahap perkhidmatan “*servis*” yang disediakan kepada pengguna tren di negara ini. Di samping itu, pengwujudan sistem tren yang efektif dan efisien mampu mewujudkan produktiviti dan menyumbang kepada pemangkin negara.

### **1.6 Struktur laporan disertasi**

Tesis ini mengandungi 5 bab utama. Ia membentangkan perkara yang perlu ada dalam sesebuah kajian dengan meliputi pendahuluan, kajian literatur, metodologi kajian, keputusan dan analisis data, serta kesimpulan dan cadangan. Bagi Bab 1 adalah mengenai latar belakang projek penyelidikan ini. Ia menjelaskan tentang penyataan masalah, matlamat dan objektif kajian dijalankan, skop dan kepentingan kajian ini.

Bahagian Bab 2 adalah mengenai fundamental dan teori yang perlu ada dalam kajian serta maklumat mengenai ketepatan dan kelewatan tren bagi membantu dalam mencapai objektif kajian ini. Tambahan lagi, terdapat juga hasil daripada kajian – kajian terdahulu yang menjadi sumber rujukan dan input bagi menyokong elemen yang dikaji dalam kajian ini. Bahagian Bab 3 pula menerangkan tentang kaedah –

kaedah atau metodologi kajian yang dijalankan bagi mencapai setiap objektif dalam kajian ini. Segala proses kerja dan perancangan kerja yang sistematik dibincangkan di dalam bab ini bagi. Mengenai pemilihan lokasi cerapan data dan cara cerapan data dijalankan diterangkan dalam bab ini.

Bahagian Bab 4 pula membincangkan hasil daripada kerja – kerja yang dilakukan berdasarkan metodologi kajian yang dirancang. Segala maklumat data yang diperolehi dianalisis satu per satu bagi mengetahui keputusan hasil kajian yang dijalankan. Perbincangan dengan lebih lanjut mengenai hasil kajian adalah berdasarkan kepada cerapan data yang diperolehi, seterusnya satu keputusan daripada kajian dapat diketahui. Seterusnya kesimpulan hasil kajian dibincangkan dalam Bab 5. Selain itu, penambahbaikan hasil daripada kajian ini turut dinyatakan untuk meningkatkan lagi mutu perkhidmatan tren dan penyelidikan pada masa akan datang.



## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1 Pendahuluan**

Bab ini akan membincangkan mengenai terminologi dan definisi masa ketepatan dan kelewatan ketibaan dalam perkhidmatan keretapi. Kajian terhadap ketepatan dan kelewatan masa adalah sangat penting dalam meningkatkan mutu perkhidmatan rel transit. Terdapat juga membincangkan isu-isu yang berkaitan dengan masa ketepatan dari segi kaedah pengiraan dan pengukuran ketepatan masa dalam sistem rel transit dan faktor-faktor yang menyebabkan kelewatan dalam perkhidmatan keretapi. Tambahan lagi, perbincangan mengenai sistem isyarat dan komunikasi dan elemen-elemen yang berkaitan kepentingan sistem isyarat dan komunikasi dalam jaringan rel dengan lebih lanjut. Isyarat keretapi adalah sistem yang digunakan untuk mengawal lalulintas keretapi dengan selamat untuk mengelakkan keretapi daripada berlanggar. Kebanyakan bentuk kawalan keretapi melibatkan kuasa pergerakan yang dibawa dari mereka yang bertanggungjawab untuk setiap bahagian daripada rangkaian keretapi untuk keretapi. Tidak semua kaedah kawalan akan memerlukan penggunaan isyarat, dan terdapat sistem khusus untuk sesuatu landasan keretapi. Bab ini juga membincangkan tentang sejarah perkembangan sistem isyarat, jenis-jenis lampu isyarat dan komunikasi yang digunakan di sepanjang laluan tren di stesen. Jenis-jenis tren yang terdapat di Malaysia juga dibincangkan dalam bab ini.

## 2.2 Terminologi dan definisi ketepatan dan kelewatan tren

Ketepatan ketibaan tren adalah merupakan elemen yang amat dititikberatkan dalam memberikan perkhidmatan kepada penumpang pengangkutan rel transit bagi setiap syarikat pengurusan sistem rel di seluruh dunia. Kelewatan ketibaan tren dalam rangkaian pengangkutan rel transit memberi kesan dalam setiap operasi sistem rel seterusnya mengakibatkan peratusan keboleharapan sistem operasi rel tersebut menurun. Olsson & Haugland (2004) mengatakan dalam industri pengangkutan rel, ketepatan adalah petunjuk utama prestasi yang dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Terminalogi dan definisi ketepatan dan kelewatan ketibaan tren adalah berbeza - beza mengikut syarikat pengurusan pengangkutan sistem rel bagi setiap negara dan juga berbeza mengikut jenis sistem rel transit. Terdapat beberapa kajian terdahulu membincangkan definisi ketepatan dan kelewatan ketibaan tren adalah seperti berikut.

*Taiwan Railways Administration* (TRA) adalah salah satu agensi syarikat operasi keretapi dalam Kementerian Pengangkutan dan Komunikasi Taiwan yang bertanggungjawab untuk mengurus, menyelenggara, dan menjalankan perkhidmatan penumpang dan kargo di kilometer 1097km di landasan keretapi konvensional di Taiwan. Menurut peraturan TRA mentakrifkan keretapi yang lewat adalah seperti mana-mana keretapi yang tiba di stesen yang lebih dari 10 minit selepas waktu ketibaan yang dijadualkan (Cheng & Chun, 2014).

Definisi ketepatan masa perkhidmatan keretapi, secara umum, dinyatakan sebagai peratusan keretapi yang berlalu, tiba atau berlepas di lokasi yang ditetapkan dalam rangkaian keretapi yang tidak lewat daripada masa yang tertentu dalam beberapa minit. Menurut syarikat *European Railway* kelewatan yang lebih kecil daripada 5 minit biasanya tidak dianggap sebagai kelewatan kerana ketepatan pengukuran adalah terhad bagi mod yang dikaji dan had yang boleh diterima (*tolerance*) daripada jadual waktu tidak mencukupi iaitu dalam amalan kawalan operasi. Tambahan lagi, tidak terdapat piawaian definisi dan cara pengukuran kelewatan adalah berbeza-beza, kadar ketepatan masa keretapi juga banyak berbeza (Ackermann, 1998; Zhu, 2000).

Memandangkan kelewatan 10 hingga 15 minit tidak dianggap "lewat" dalam kebanyakan negara-negara lain tetapi dianggap sebagai "tepat masa," yang menepati

masa perkhidmatan keretapi di Jepun adalah dalam kelas yang tersendiri. Purata kelewatan untuk keretapi Shinkansen adalah kira-kira 20 saat, manakala untuk keretapi lain yang dikendalikan oleh kumpulan syarikat Keretapi Jepun, purata kelewatan adalah kira-kira 50 saat. Dalam kedua-dua kes, purata kelewatan adalah kurang daripada satu minit (Teikoku, 2005). Oleh demikian menurut kajian (Weigand, 1996) pakar keretapi Eropah telah mengkaji tahap perkhidmatan keretapi Jepun dan mereka merasa sangat kagum dengan tahap ketepatan yang tinggi yang luar biasa dengan purata kelewatan kurang daripada satu minit setiap keretapi.

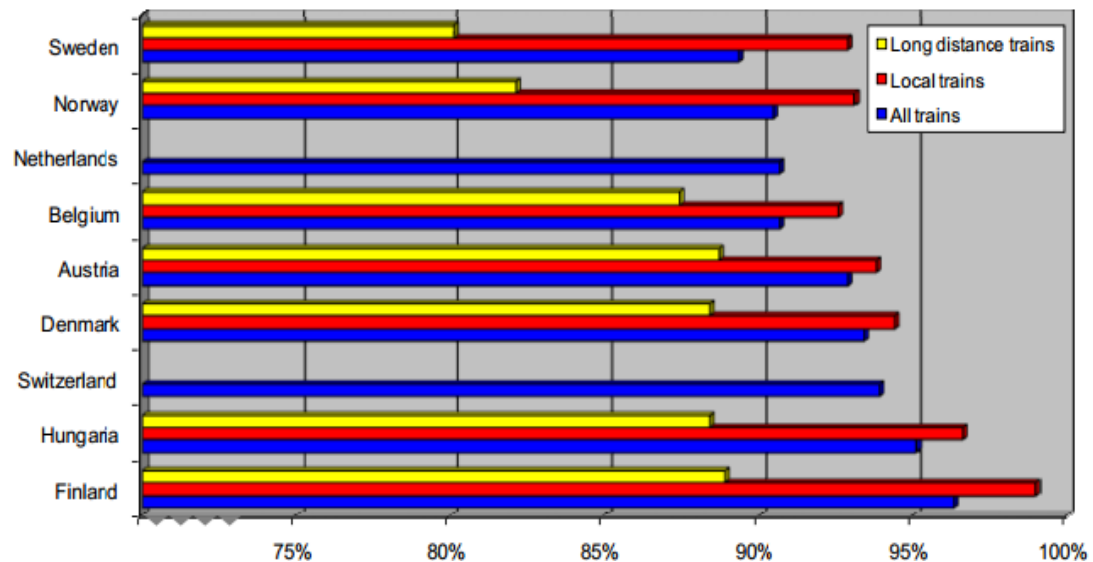
Bagi mengelakkan perbincangan apabila terdapat keretapi yang menyimpang dari jadual perjalanan (iaitu, keretapi adalah tidak menepati masa), kebanyakan negara telah memutuskan nilai had (*threshold*) untuk keretapi adalah tepat pada masanya. Bagi negara Denmark telah memutuskan bahawa keretapi adalah menepati masa jika mereka tiba mengikut nilai had yang ditetapkan seperti berikut (Landex et al. 2007; Landex 2008):

- *S – trains* 2  $\frac{1}{2}$  minit
- *Regional train* – 5 minit
- *Intercity dan Intercity Express train* – 5 minit
- *Freight train* – 10 minit

Nilai had (*threshold*) untuk ketepatan masa tren adalah berbeza-beza mengikut negara. Bagi Negara Amerika Syarikat, nilai had adalah berbeza diantara 5 minit hingga 3 minit bergantung kepada tempoh perkhidmatan keretapi dan tidak bergantung pada purata jarak perjalanan penumpang (Bush, 2007).

Beberapa negara di Eropah, nilai had juga berbeza-beza, tetapi di mana untuk mengukur ketepatan masa juga berbeza-beza. Di Netherlands pengukuran ketepatan masa adalah pada masa tren berlepas dari 32 stesen dalam sistem rangkaian rel, manakala Jerman dan Norway mengukur ketepatan masa adalah pada masa ketibaan tren di stesen terminal (Daamen et al. 2007; Olsson dan Haugland, 2004). Disebabkan terdapat banyak cara yang berbeza untuk mengukur ketepatan masa hanya beberapa perbandingan antarabangsa kelewatan kereta api dikaji seperti dalam Rajah 2.1 (Nederlanse Spoorwegen 2001; Vromans 2005)





Rajah 2.1: Ketibaan tren lewat kurang daripada 5 minit dari tahun 1999 - 2002. Data daripada (NEA 2003)

### 2.3 Pengukuran ketepatan dan kelewatan masa ketibaan tren

Cara pengukuran masa ketepatan dan kelewatan ketibaan tren adalah berbeza mengikut jenis transit dan mengikut negara, seperti di dalam penghujahan subtopik sebelum ini dan bagi menyokong pernyataan ini pengukuran atau penentuan masa ketepatan dan kelewatan ketibaan tren setiap negara adalah berbeza-beza dan tiada penanda aras piawaian pengukuran. Ketepatan masa diukur adalah sebagai sebahagian daripada pengukuran kualiti perkhidmatan rel transit. Terdapat tiga aplikasi utama untuk maklumat mengenai ketepatan antaranya adalah:

- Menyediakan maklumat
- Kawalan dan membuat - keputusan
- Peningkatan dan perancangan - projek

Pengukuran trafik keretapi adalah sangat penting dan merupakan instrumen yang berguna untuk pengurusan dalam kawalan operasi. Terdapat beberapa kaedah yang digunakan untuk mengukur ketepatan iaitu kaedah *heuristic* dan kaedah *ad hoc* yang biasa digunakan. Kaedah heuristik adalah kaedah menentukan nilai peratusan keretapi yang tiba pada jadual berbanding dengan nilai had tertentu. Kaedah simulasi

adalah lebih memakan masa, manakala kaedah analisis adalah sesuai hanya untuk sistem mudah.

Ketepatan masa keretapi sering diukur dengan penunjuk bebas di mana kriteria yang telah ditetapkan dan diterima untuk digunakan dalam menentukan penyimpangan masa. Dalam pengukuran ini, kelewatan merujuk kepada sisihan negatif dari jadual, dan unit ukuran adalah sama dalam minit. Pengukuran ketepatan masa adalah mungkin di semua simpang yang mempunyai jadual tiba atau berlepas dan bukan hanya di destinasi sahaja (Olsson, Haugland 2004).

Menurut dalam kajian Rietveld et al (2001) menunjukkan bahawa pengukuran biasa kebarangkalian P ketepatan atau kebolehpercayaan bahawa kenderaan tiba lewat X minit. Terdapat juga beberapa definisi lain antaranya:

- Kebarangkalian keberangkatan awal.
- Perbezaan min antara masa ketibaan yang dijangkakan dan waktu ketibaan yang dijadualkan.
- Min kelewatan ketibaan yang diberikan daripada tiba lewat
- Min kelewatan kelewatan yang diberikan daripada tiba paling lewat daripada X minit.
- Sisihan piawai (*standard deviation*) bagi masa ketibaan.
- Larasan sisihan piawai (*standard deviation*) masa ketibaan dan pelbagai langkah yang lebih kompleks lain yang mewakili keseriusan terhadap tidak keboleharapan.

Ketepatan masa boleh difahami sebagai ketepatan trafik penumpang atau sebagai ketepatan pengangkutan. Hal ini, adalah perkara biasa dalam bersama-sama melihat dan memantau ketepatan masa sistem lalu lintas keseluruhan keretapi (Olsson, Haugland 2004, Hansen 2001). Manakala Rietveld et al. (2001) mereka berpendapat bahawa cara yang paling biasa untuk mengukur ketepatan masa adalah dengan mengira peratusan kereta api tiba di stesen terakhir tepat pada masa dalam had masa yang diberikan. Cara ini adalah asas ukuran ketepatan keretapi di Finland.

Pandangan ini bercanggah dengan pendapat dalam kajian Veiseth et al. 2003 mengatakan aspek pengiraan ketepatan masa di stesen terakhir selalunya tidak "memberitahu cerita penuh", kerana pengiraan ketepatan masa yang dijalankan adalah tidak perlu sama menepati masa pada titik akhir. Tambahan lagi, kelewatan

sesebuah keretapi akan sering menyebabkan kelewatan untuk kereta api lain, dan merujuk kepada persimpangan laluan keretapi dalam satu laluan. Industri keretapi telah menggunakan secara tradisional peratusan keretapi yang menepati masa untuk memantau trend dan mengukur hasil daripada kerja penambahbaikan. Disebabkan data ini banyak diagregatkan dan biasanya hanya menangkap kelewatan di destinasi terakhir terdapat juga dalam beberapa kajian dijalankan di stesen pertama, ia telah menyukarkan untuk mengesan langkah-langkah penambahbaikan yang spesifik. Veiseth (2002) telah membuat sebelas ujikaji yang berbeza dalam projek penambahbaikan yang dilaksanakan dalam tempoh 15 tahun, yang berkaitan dengan ketepatan masa keretapi di Norway. Kesimpulan daripada kajian tersebut didapati bahawa satu penilaian ke atas kesan daripada langkah-langkah penambahbaikan yang berbeza adalah tidak dapat dikesan.

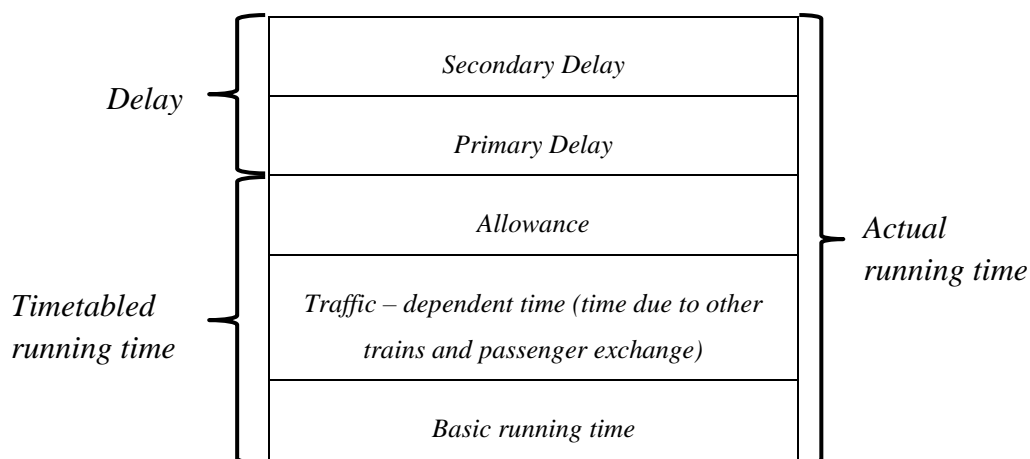
Belgium dan Belanda, syarikat-syarikat keretapi mengukur ketepatan masa hanya di stesen, walaupun mereka menggunakan sistem pengesanan keretapi moden yang menyediakan maklumat mengenai ketepatan masa sepanjang perjalanan. Dari perspektif pelanggan, ia adalah lebih teruk jika keretapi adalah lewat di stesen, di mana beberapa penumpang akan berubah hati menggunakan perkhidmatan keretapi lain atau mod pengangkutan yang lain, dan juga jika keretapi lewat tiba di destinasi, dalam menamatkan rantaian perjalanan (Gelders et al. 2008).

Terdapat beberapa kajian telah mengambil perhatian dari perspektif penumpang, bahawa ketepatan masa tidak boleh diukur hanya di stesen terakhir sahaja (Salkonen 2010). Di Sweden pengukuran ketepatan masa adalah berdasarkan kepuasan pelanggan. Tambahan lagi di Stockholm, ketepatan masa trafik serantau juga diukur mengikut pengalaman ketepatan masa pelanggan (Salkonen 2008).

#### **2.4 Kategori kelewatan masa perkhidmatan tren**

Menurut kajian (Nyström dan Birre, 2008) masa berjalan sebenar (masa perjalanan) keretapi adalah dibahagikan mengikut seperti dalam Rajah 2.3. Masa sebenar perjalanan (Actual running time) adalah terdiri daripada masa jadual waktu berjalan dan kelewatan. Masa berjalan asas (Basic running time) ditakrifkan sebagai masa yang paling singkat diperlukan untuk menutup bahagian yang diberi garis atas dasar prestasi teknikal (*rollingstock*) dan mengikut nilai min bagi faktor yang mendorong

gaya, prestasi (*rollingstock*) dan bekalan kuasa. Masa lalu lintas bergantung (*traffic dependent time*) adalah ditakrifkan sebagai masa yang ditambah dalam jadual waktu untuk menangani pertemuan keretapi dan yang mendatang, serta masa yang ditambah untuk pertukaran penumpang. (*Allowance*) ditakrifkan sebagai jumlah masa yang diperuntukan kepada masa perjalanan atau untuk trafik yang bergantung kepada 12 masa. Tujuannya adalah untuk berkhidmat sebagai masa pemulihan sehingga boleh mengurangkan kelewatan. Jarak perjalanan mungkin berbeza-beza antara keretapi. Difahamkan bahawa perbezaan dari semasa asas perjalanan wujud, disebabkan oleh beberap faktor-faktor. Kelewatan utama yang berlaku pada keretapi (contohnya, isyarat dan masalah enjin) mungkin juga menyebabkan kelewatan sekunder. Walau bagaimanapun, ia tidak jelas sama ada untuk menyalahkan kelewatan sekunder pada isyarat yang rosak atau enjin yang rosak.



Rajah 2.2: Pembahagian masa sebenar perjalanan. Saiz biasa relatif perjalanan asas (Nyström, Birre, 2008)

Menurut kajian (Goverde Rob M.P, 2005), kelewatan masa perkhidmatan tren terbahagi kepada dua kategori iaitu kelewatan utama dan kelewatan sekunder seperti berikut:

#### 2.4.1 Faktor kelewatan utama

Kelewatan utama adalah penyimpangan masa daripada proses semasa yang dijadualkan yang disebabkan oleh gangguan dalam proses tersebut. Sumber-sumber

kelewatan adalah insiden besar seperti kerosakan pada enjin keretapi dan kerosakan kepada sistem katenari atas (*overhead*), yang menyebabkan kelewatan besar. Tambahan lagi sistem isyarat juga adalah major utama dalam masalah kelewatan utama seperti jadual 2.1 di bawah.

Jadual 2.1: Sumber Kelewatan utama (Goverde Rob M.P., 2005)

<i>Infrastructure : Technical Malfunctioning, Maintenance &amp; Construction</i>	
<i>Rail network</i>	<i>Tracks; Switches; Structures ( tunnels, bridge )</i>
<i>Electrification</i>	<i>Supply; Catenary</i>
<i>Signalling</i>	<i>Signals; Interlocking; Train detection (track circuits, axle counters); Automatic level crossings.</i>
<i>Train Operators</i>	
<i>Rolling stock</i>	<i>ATB-application; Malfunctioning traction, engine, brakes, running gear, doors;</i>
<i>Personnel</i>	<i>Driver and conductor behaviour (experience, routine, discipline, stress, illness)</i>
<i>Logistics</i>	<i>Loading / unloading; Catering</i>
<i>Train circulations</i>	<i>Shunting; Cleaning; Breaking test</i>
<i>Passengers</i>	<i>Volume alighting and boarding; Supporting disabled; Aggression; Non-paying passengers</i>
<i>Railway Traffic Management</i>	
<i>Systems</i>	<i>Disposition; Traffic control; Communication; Automatic Route Setting</i>
<i>Personnel</i>	<i>Dispatcher behaviour (experience, routine, discipline, stress, illness)</i>
<i>Plan</i>	<i>Timetable bottlenecks; Rolling stock scarcity; Crew scarcity</i>
<i>External</i>	
<i>Weather</i>	<i>Frost; Heat; Wind; Sight; Lightning; Slipperiness (leaves on track)</i>
<i>Vandalism</i>	<i>Track obstruction</i>
<i>Environment</i>	<i>Incidents at level crossing; Animals on tracks; Trespassers on tracks; Suicides</i>

#### 2.4.2 Faktor kelewatan sekunder

Kelewatan sekunder ialah proses agihan masa yang dijadualkan mengalami kelewatan disebabkan oleh percanggahan laluan keretapi atau perkhidmatan keretapi ditangguhkan (Goverde Rob M.P., 2005). Satu laluan keretapi yang

bercanggah mungkin disebabkan sisihan keretapi lain dari jalan keretapi yang dijadualkan, yang berlaku kedua-dua keretapi lewat dan awal. Tetapi ia juga bercanggah dengan perjalanan keretapi yang dijadualkan disebabkan oleh kelewatan utama boleh menyebabkan peningkatan lagi kelewatan. Jadual 2.2 memberikan gambaran kelewatan sekunder. Perbezaan antara kelewatan rendah dan menengah adalah asas. Kelewatan utama sentiasa tidak boleh dielakkan. Sebaliknya, kelewatan sekunder bergantung kepada interaksi di rangkaian keretapi dan penyegerakan dalam rangkaian perkhidmatan keretapi.

Jadual 2.2: Sumber kelewatan sekunder (Goverde Rob M.P., 2005)

<i>Type</i>	<i>Example</i>
<i>Hinder</i>	<i>Slow leading train</i> <i>Conflicting train route</i> <i>Occupied platform track</i>
<i>Synchronization</i>	<i>Transfer connection (waiting for delayed feeder train)</i> <i>Rolling stock connection (coupling / decoupling, turn)</i> <i>Crew transfer</i>

## 2.5 Perspektif penumpang terhadap perkhidmatan tren di Malaysia

Ketepatan masa ketibaan tren adalah sangat penting dalam negara yang maju dan ia juga merupakan salah satu elemen dalam memberi perkhidmatan yang efektif. Orang ramai memilih keretapi sebagai pengangkutan untuk bergerak dan mereka mengharapkan akan sampai ke destinasi seperti yang dijadualkan. Walaubagaimanapun, apabila keretapi tiba tidak mengikut jadual perjalanan akan menyebabkan kekecewaan kepada penumpang dan menyebabkan ketidakselesaan berada di stesen dengan waktu menunggu yang lama. Dalam kajian (Waris et. al 2010) telah menjalankan kajian soal selidik terhadap pandangan orang ramai terhadap tahap perkhidmatan komuter di Malaysia dan salah satu elemen soal selidik adalah mengenai ketepatan masa perkhidmatan komuter. dalam kajian tersebut menunjukkan sebanyak 67% responden mengatakan komuter mengalami kelewatan dan 33% responden mengatakan komuter tiba mengikut masa. Selain itu Bernama (The Sun, 2011) mengatakan 40 minit lewat atau lebih adalah biasa dengan

perkhidmatan sistem Komuter KTM semasa pagi dan petang setiap waktu kemuncak. Tambahan lagi, menurut kajian (Moganraj et, at al. 2013) mengenai perkhidmatan keretapi KTMB antarabandar daripada soal selidik sebanyak 82% responden mengatakan tren mengalami kelewatan dan 18% mengatakan tren tiba mengikut jadual perjalanan. Hasil daripada kajian-kajian sebelum ini menunjukkan mutu perkhidmatan keretapi di Malaysia masih kurang memuaskan.

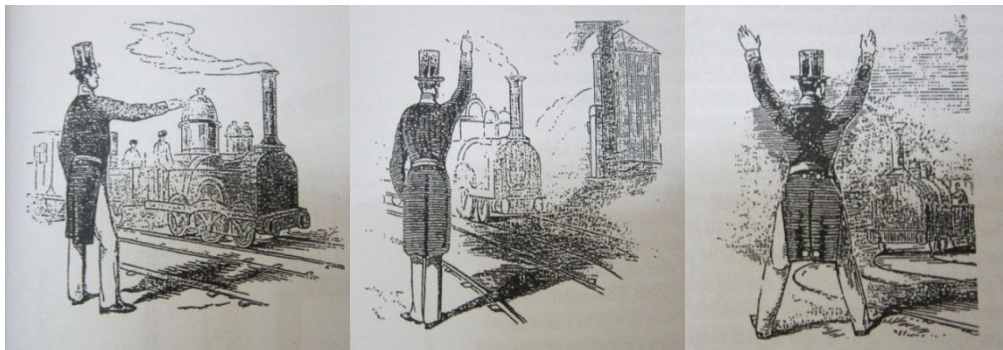
## 2.6 Sejarah perkembangan sistem isyarat

Sistem isyarat boleh didefinisikan sebagai sistem yang menggunakan kawalan keselamatan trafik keretapi, yang sangat diperlukan untuk mengelakkan keretapi daripada berlanggar. Proses Isyarat kawalan dilaksanakan ke atas pergerakan keretapi dengan cara menggunakan isyarat keretapi dan sistem blok untuk memastikan bahawa keretapi beroperasi dengan selamat, berada dilaluan yang betul dan mengikut jadual yang ditetapkan.

Sejarah permulaan sistem isyarat bermula seawal abad kurun ke 19 lagi, pada masa tersebut perlaksanaan sistem isyarat adalah dengan menggunakan sistem manual. Bermulanya pada tahun 1843 sistem isyarat adalah dengan menggunakan isyarat tangan atau bendera oleh seorang pengawal lelaki yang dipanggil sebagai *signalmen* untuk mengawal lalu lintas keretapi. Beliau akan memberi isyarat dengan hanya menggunakan isyarat tangan (Kichenside Geoffrey et, al). Merujuk Rajah 2.3 pengawal memegang bendera berwarna hijau dan merah untuk memberi isyarat kepada pemandu keretapi yang memasuki zon blok atau ruangan stesen. Maksud warna hijau adalah *clear block* keretapi dibenarkan melalui blok Warna merah bermaksud berhenti maka pemandu perlu memberhentikan keretapi dan tidak dibenarkan memasuki zon blok sehingga mendapat isyarat untuk meneruskan perjalanan. Jika tiada bendera, isyarat diberi dengan menggunakan isyarat tangan seperti dalam rajah 2.3a, 2.3b dan 2.3c.

Sekitar tahun 1900 sistem isyarat semaphore mekanikal diperkenalkan bagi membantu dan memudahkan *signalmen* mengawal sistem isyarat keretapi pada masa tersebut. Selepas itu, perkembangan teknologi bertambah maju dengan wujudnya penggunaan telefon bagi memastikan keadaan blok adalah kosong untuk dilalui oleh keretapi dengan hanya membuat panggilan telefon pada penjaga blok di hadapan.

Seterusnya semiautomatik blok diperkenalkan dalam dunia keretapi. Pada masa kini, sistem isyarat keretapi adalah berasaskan automatik blok dan tiada lagi penggunaan sistem manual.



(a) Isyarat satu tangan melintang bermaksud *line clear*

(b) Isyarat satu tangan menegak bermaksud berhati-hati *caution*

(c) Isyarat kedua –dua tangan menegak bermaksud berhenti *danger stop*

Rajah 2.3: Isyarat tangan (Kichenside Geoffrey, 2013)



Rajah 2.4: Pengawal sistem isyarat (Andy Lawrence, 2011)

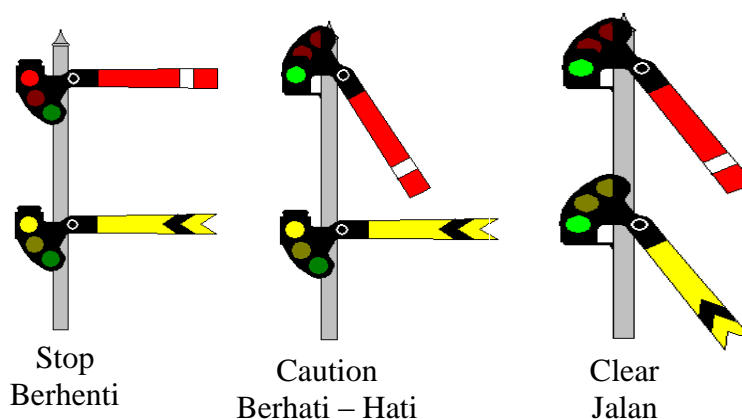
## 2.7 Jenis – jenis lampu isyarat

Sistem isyarat mempunyai dua jenis sistem iaitu mekanikal sistem dan elektrik sistem. Mekanikal sistem ialah sistem lama yang digunakan pada zaman dahulu yang lebih dikenali sebagai “*Semaphore Signal*”. Perkembangan teknologi membawa perubahan kepada sistem isyarat. Pada masa kini sistem isyarat menggunakan sistem lampu isyarat elektrik.



### 2.7.1 Isyarat mekanikal

Jenis isyarat mekanikal yang paling awal terdiri daripada papan yang sama ada menghadap ke hadapan dan dapat dilihat sepenuhnya oleh pemandu, atau diputar supaya praktikal tidak dapat dilihat. Isyarat semaphore menukar sudut kecondongan dengan 'lengan' dipangsikan. Setiap perubahan sudut memberi isyarat kepada pemandu keretapi seperti dalam Rajah 2.5 di bawah.



Rajah 2.5: Isyarat Semaphore

### 2.7.2 Isyarat elektrik

Isyarat elektrik menggunakan lampu isyarat dengan mempunyai tiga penunjuk warna lampu dan susunan penunjuk warna lampu adalah berbeza dengan lampu isyarat jalan raya. Bagi lampu isyarat keretapi kedudukan lampu merah adalah di bawah dan warna hijau adalah di atas, ini adalah bagi memudahkan pemandu keretapi melihat aspek isyarat bagi blok tersebut. Penunjuk dalam lampu isyarat adalah seperti berikut:

- Hijau: Terus pada kelajuan yang sama. Menjangkakan untuk mencari isyarat seterusnya memaparkan hijau atau kuning
- Kuning: Bersedia untuk mencari isyarat seterusnya memaparkan merah
- Merah: Berhenti



Rajah 2.6: Lampu isyarat elektrik

## 2.8 Sistem isyarat dan komunikasi

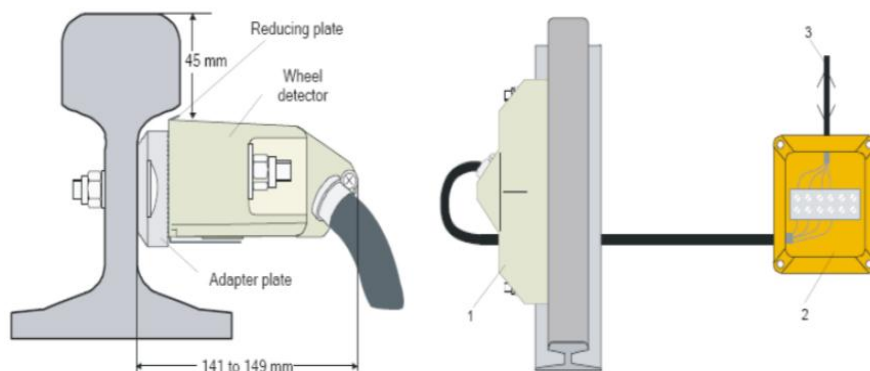
Pergerakan keretapi dan semua proses dalam rangkaian rel adalah dikawal dan diselia oleh pusat kawalan lalu lintas “*Operation Control Centre (OCC)*”. Kedudukan suis, maklumat lampu isyarat, lokasi keretapi, dan maklumat lain boleh dipantau dan dikawal daripada pusat kawalan “*Operation Control Centre (OCC)*”

Kedudukan keretapi di landasan boleh diketahui melalui alat pengesan automatik keretapi “*Train Detection*” iaitu “*Axle Counter*” dan “*Track Circuit*”. Alat pengesan ini mengesan kehadiran keretapi pada bahagian landasan yang betul. Maklumat akan di hantar ke pusat kawalan. Seterusnya tindakan lanjut oleh pusat kawalan.

### 2.8.1 Axle counter

“*Axle Counter*” digunakan untuk mengesan pergerakan keretapi di landasan. Alatan ini diletakkan di setiap hujung blok di landasan keretapi dan kiraan nombor masuk dan keluar akan dikira apabila keretapi melalui alatan ini. Jika kiraan nombor masuk adalah tinggi maka ia menunjukkan terdapat keretapi di blok tersebut (M.S.Durmus et, at. 2010).

“*Axle Counter*” terdiri daripada dua jenis komponen iaitu peralatan “*axel*” luar dan peralatan “*axel*” dalaman di mana komputer mengira (kadang-kala dirujuk sebagai komputer penilaian). Ketua-ketua pengiraan “*axel*” dipasang bersama profil rel dan mengesan kesahihan kehadiran roda.



Rajah 2.7: Susun atur alatan *axle counter* (M.S.Durmus et, al. 2010)



Rajah 2.8: Kedudukan *axle counter* di landasan keretapi

### 2.8.2 *Track circuit*

*Track Circuit* adalah alat elektrik yang digunakan untuk mengesan kehadiran keretapi di landasan pada seksyen blok. Prinsip asas di sebalik litar landasan yang terletak pada sambungan kedua-dua landasan keretapi oleh roda dan gandar lokomotif dan “*Rolling Stock*” untuk pintasan litar elektrik yang singkat. Litar ini dipantau oleh peralatan elektrik untuk mengesan kehadiran keretapi.

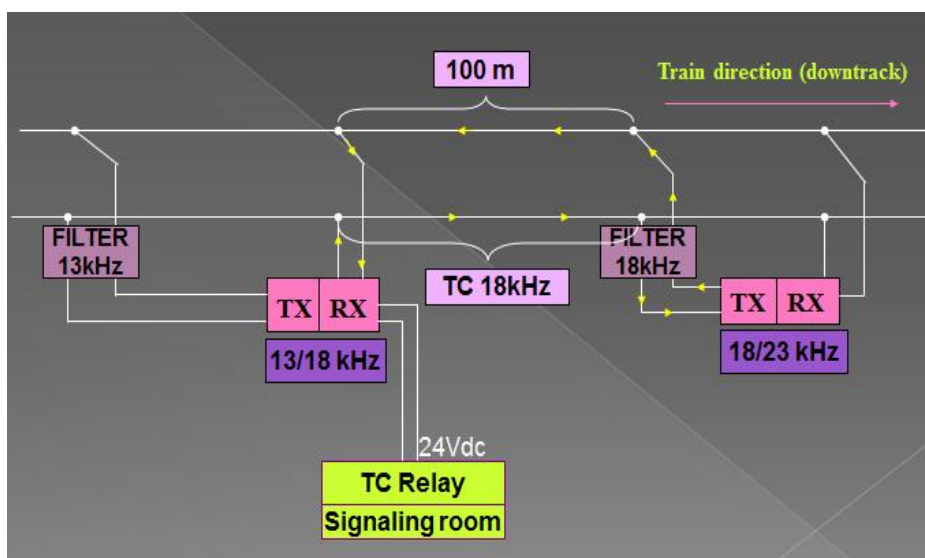
Sistem isyarat dan komunikasi yang digunakan oleh LRT laluan Ampang adalah *track circuit*. Terdapat dua jenis *track circuit* yang gunakan iaitu CVKL *track circuit* (*Constant Voltage Kuala Lumpur*) dan JADE *track circuit*.

Jadual 2.3: Perbezaan antara CVKL *track circuit* dengan JADE *track circuit*

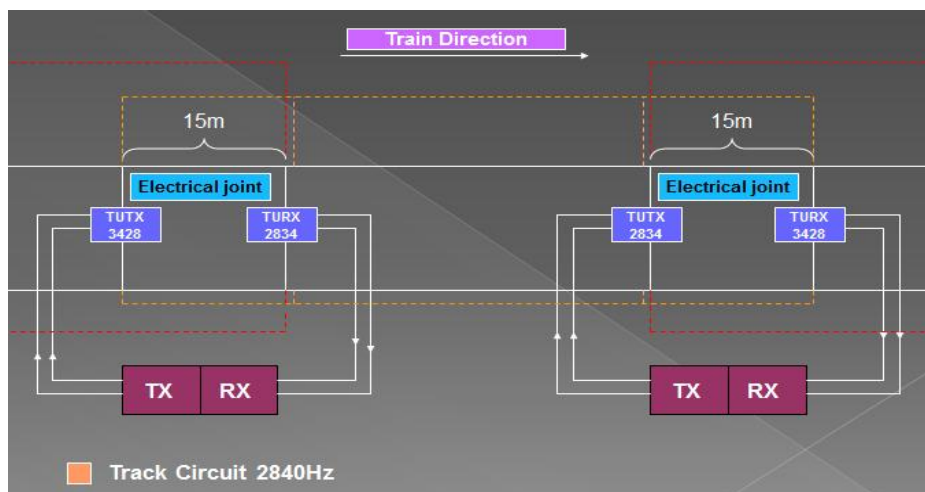
CVKL <i>track circuit</i>	JADE <i>track circuit</i>
Digunakan pada jarak yang dekat	Digunakan pada jarak yang jauh
Panjang maksimum litar bagi satu landasan boleh mencapai sehingga 100 meter.	Panjang maksimum litar bagi satu landasan boleh mencapai 2000 meter.
Kedudukan di tepi landasan	Diletakkan di bilik Peralatan kecuali unit penalaan ( <i>tuning unit</i> )
Frekuensi: 13kHz, 18kHz, 23kHz, 28kHz.	Frekuensi: 2840Hz, 3150Hz, 3470Hz, 3750Hz.



Rajah 2.9: Kotak *Track Circuit*



Rajah 2.10: Sambungan litar elektrik CVKL *track circuit*



Rajah 2.11: Sambungan litar elektrik JADE *track circuit*

## 2.9 Sistem blok

Sistem blok adalah salah satu sistem isyarat dalam sistem rel transit bagi memudahkan tren membuat perjalanan dalam satu arah di atas landasan sendiri, ia sangat penting dalam memberi ruang atau jarak yang jauh kepada tren untuk memastikan tidak berlaku pelanggaran antara tren. Sistem blok digunakan untuk mengawal kereta api antara stesen dan yard. Sistem blok juga ditakrifkan dengan peralatan fizikal yang berkaitan dengannya dan dengan peraturan yang berkaitan. Terdapat beberapa jenis blok dalam sistem isyarat yang digunakan dalam rel sistem antaranya adalah seperti berikut.

### 2.9.1 Blok automatik

Sistem isyarat blok automatik adalah blok di mana isyarat menunjukkan sama ada atau tiada keretapi yang boleh memasuki blok berdasarkan pengesanan keretapi automatik yang menunjukkan sama ada blok adalah kosong. Isyarat juga boleh dikawal oleh *signalman*, di mana mereka hanya memberikan petunjuk isyarat seterusnya jika *signalman* tersebut telah menetapkan isyarat itu dengan sewajarnya dan blok adalah kosong.

### 2.9.2 Blok tetap “*Fixed block*”

Kebanyakan blok adalah "tetap", iaitu mereka termasuk dalam bahagian landasan di antara dua titik tetap. Pada jadual perjalanan, aturan keretapi, dan sistem berasaskan token, biasanya blok bermula dan berakhir di stesen-stesen yang dipilih. Pada isyarat yang berasaskan sistem, blok adalah bermula dan berakhir pada isyarat.

Panjang blok direka bentuk untuk membolehkan keretapi beroperasi sekerap yang perlu. Satu laluan mungkin mempunyai banyak blok di kilometer yang panjang, selaras dengan komuter yang sibuk mungkin mempunyai beberapa blok beratus meter panjang.

Sebuah keretapi tidak dibenarkan masuk ke dalam blok sehingga isyarat yang menunjukkan bahawa keretapi itu boleh diteruskan. Dalam kebanyakan kes, keretapi yang tidak dapat masuk ke blok walaupun blok itu sendiri adalah kosong daripada keretapi, tetapi terdapat juga satu seksyen kosong di akhir blok untuk jarak yang diperlukan sekurang-kurangnya untuk menghentikan keretapi. Dalam isyarat berasaskan sistem dengan ruang isyarat yang rapat, pertindihan ini boleh menjadi sejauh isyarat yang berikutnya pada akhir bahagian, ia amat berkesan dalam menguatkuasakan ruang antara kereta api antara dua blok.

Cara menentukan saiz bagi sesuatu blok dan jarak antara isyarat yang berikut perlu diambil kira:

- Had kelajuan di landasan (kelajuan maksimum yang dibenarkan di landasan bagi sesuatu seksyen)
- Kelajuan keretapi (kelajuan maksimum mengikut jenis keretapi)
- Kecerunan (untuk mengimbangi panjang atau jarak brek yang lebih pendek)
- Ciri-ciri brek kereta api (jenis keretapi, contohnya kargo dan keretapi berkelajuan tinggi, mempunyai nilai inersia yang berbeza)
- Penglihatan (berapa jauh pemandu boleh melihat isyarat di hadapan)
- Masa tindak balas (pemandu)

Sistem isyarat yang digunakan dalam LRT laluan Ampang adalah sistem *fixed block* iaitu di mana lampu isyarat bagi sistem ini adalah Merah – Merah – Hijau seperti dalam gambar Rajah 2. di bawah yang menunjukkan susun atur sistem isyarat dalam blok sistem LRT laluan Ampang. Tambahan lagi sistem *fixed block*

## RUJUKAN

- Ackermann, T. (1998), Die Bewertung der Pünktlichkeit als Qualitätsparameter im Schienenpersonenverkehr auf Basis der direkten Nutzenmessung, Heimerl, G. (ed.) Forschungsar des Verkehrswiss. Instituts Universität Stuttgart 21, ms. 27-30.
- Akita, Katsuji, and Toshikatsu Watanabe. "Computerized Interlocking System for Railway Signaling Control: SMILE." IEEE Transactions on Industry applications 21.4.1985.
- Bonnett, Clifford F. *Practical Railway Engineering*. London: Imperial College Press, (2005).
- Bush, R. "Does Every Trip Need to Be On Time? Multimodal Scheduling Performance Parameters with an Application to Amtrak Service in North Carolina", in Proceedings of 86<sup>th</sup> Annual Meeting at Transport Research Board, Transportation Research Board, Washington D.C., USA. (2007).
- Cameron, M. A., Bake, J., Peterson, M., & Braunsberger, K. *The effects of musics, wait-length evaluation, and mood on low-cost wait experience*. Journal of Business Research, (2003), 56(6), 421-430.
- Chandra, Satish. *Railway engineering*. Oxford University Press, Inc., 2<sup>nd</sup> edition, (2013).
- Chandra, Vinod, and M. R. Verma. "A fail-safe interlocking system for railways". Design & Test of Computers, IEEE 8.1 (1991). ms 58-66.
- Cullyer, W. J., and W. Wong. "A formal approach to railway signalling." Computer Assurance, 1990. COMPASS'90, Systems Integrity, Software Safety and Process Security., Proceedings of the Fifth Annual Conference on. IEEE, (1990).
- Daamen, W., Goverde, R.M.P. & Hansen, I.A., "Non-discriminatory Automatic and Distinct Registration of Primary and Secondary Train Delays", in

- Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis, eds. I.A. Hansen, A. Radtke, J.P. Pachl & E. Wendler, International Association of Railway Operations research, Hannover Germany (2007).
- Dincel, Emre, Oytun Eris, and Salman Kurtulan. *"Automata-Based Railway Signaling and Interlocking System Design [Testing Ourselves]."* *Antennas and Propagation Magazine, IEEE* 55.4 (2013). ms 308-319.
- Flamini, Marta, and Dario Pacciarelli. "Real time management of a metro rail terminus." *European Journal of Operational Research* 189.3 (2008). ms746-761.
- Gelders, D., Galetzka, M., Verckens, J. P. & Seydel, E. (2008), "*Showing results? An analysis of the perceptions of internal and external stakeholders of the public performance communication by the Belgian and Dutch Railways*", *Government Information Quarterly*, vol. 25, no. 2, ms 221-238.
- Goddard, Edward. *"Overview of signalling and train control systems."* *Electric Traction Systems, 2006. The 9th Institution of Engineering and Technology Professional Development Course on. IET, (2006).*
- Goverde, Rob MP, et al. *"Delay distributions in railway stations."* *Proceedings CD-Rom of the 9th World Conference on Transport Research (WCTR), Seoul. (2001).*
- Hansen, Ingo A. "Improving railway punctuality by automatic piloting." *Intelligent Transportation Systems, 2001. Proceedings. 2001 IEEE. IEEE, 2001.*
- Kichenside, Geoffrey Michael, and Alan Reginald Williams. *Two Centuries of Railway Signalling.* Haynes Publications, (1998).
- Kroon, Leo G., Rommert Dekker, and Michiel JCM Vromans. *Cyclic railway timetabling: a stochastic optimization approach.* Springer Berlin Heidelberg, (2007).
- M.S.Durmus, U. Yildirim, and M. T. Soylemez, "*Fail – Safe Signalization and Interlocking Design for a Railway Yard: An Automation Petri Net Approach*", *The 7<sup>th</sup> International Symposium on Intellegent and Manufacturing Systems, Sarajevo Bosnia Herzegovina. (2010).*
- M.S.Durmus, U. Yildirim, and M. T. Soylemez, "*Signalization and Interlocking Design for Railway Yard: A Supervisory Control Approach by Enabling*



- Arcs*,” The 7<sup>th</sup> International Symposium on Intelligent and Manufacturing Systems, Sarajevo Bosnia Herzegovina. (2010).
- Mads Veiseth, Per Magnus Heggland, Iver Wien, Nils O.E. Olsson, Øivind Stokland, (2011) *“Development of a punctuality improvement method”*, The TQM Journal, Vol. 23 Iss: 3, ms.268 – 283
- MitoYūko, Teikoku hassha: Nihon shakai ni surikomareta tetsudō no rizumu *“Departure On Schedule: The Railway Rhythm Imprinted on Japanese Society”* Tokyo: Kōtsū Shimbunsha, 2001; reprinted as a Shinchō Bunko paperback, Tokyo: Shinchōsha, (2005)
- Nederlanse Spoorwagen (2001), De Koppeling, nr. 1619, Nederlandse Spoorwagen, Utrecht, The Netherlands, in Dutch.
- Nyström, Birre. *Aspects of improving punctuality*. Diss. PhD thesis, Luleå University of Technology, (2008).
- Olsson, N.O.E. & Haugland, H. (2004), *“Influencing factors on train punctuality – results from some Norwegian studies”*, Transport Policy, vol. 11, no.4, pp. 387-397.
- P. Zhu, Betriebliche Leistung von Bahnsystemen unter Störungsbedingungen, PHD thesis, Technische Universität Braunschweig, (2001) p.9.
- Rietveld, P., Bruinsma, F. R. & Van Vuuren, D. J. (2001) *“Coping with unreliability in public transport chains: A case study for Netherlands’*, Transportation Research Part A: Policy and practice, vol. 35, no. 6 pp. 539-559.
- Riikka, S., Paavilainen, J., (2010). *Measuring railway traffic punctuality from the passenger’s perspective*. In: 12th World Conference in Transportation Research, Lisbon, Portugal, 11–15 July 2010.
- Ryland, Henry Archer, Timothy John Molloy, and Mark Tremlett. *“Interlocking for a railway system.”* U.S. Patent No. 6,308,117. 23 Oct. 2001.
- S. Moganraj, M. Idrus, N. Sabahiah *“Punctuality of intercity trains and passengers’ perspective towards arrival time delay”* Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology (2013).
- Söylemez, M. T., Durmuş, M. S., Yıldırım, U., Türk, S., & Sonat, A. (2011, August). *The Application of Automation Theory to Railway Signalization Systems: The Case of Turkish National Railway Signalization Project*. In IFAC World Congress (2011).

- Van Hagen, M., Van Pruyan, A., Galetzka, M., & Kramer, J. (2009). Waiting is becoming fun! The influence of advertising and infotainment on the waiting experience. Noordwijkerhout, Netherlands: European Transport Congress.
- Veiseth M., Olsson, N., Rostad, C.C. and Indbryn, M. (2003), PONDUS – “Punktlighet Og UNDERveis UnderSokelse (punctuality analyses), Trondheim, Norway, pp. 1-33.
- Veiseth, M., “*Punctuality in railway operations*”, Master thesis, Norwegian University of Science and Technology, (2002).
- Veiseth, Mads, et al. “*Development of a punctuality improvement method.*” *The TQM journal* 23.3 (2011): 268-283.
- Vromans, M.J.C.M. (2005), *Reliability of Railway Systems*, Netherlands Trail research School.
- W. Weigand, “Erfolge der japanischen Eisenbahnen im Markt des Personenfernverkehrs”, *Eisenbahntechnische Rundschau*, vol. 45-11, 1996, pp. 717.
- Waris F., W. Z. Wan Husin, W. Fauzi “*Customers’ Perception towards electric commuter train services: application of logistic regression analysis*” RCSS’ (2010).
- Zafar, Nazir Ahmad, Sher Afzal Khan, and Keijiro Araki. “*Towards the safety properties of moving block railway interlocking system.*” *Int. J. Innovative Comput., Info & Control* 8.7 (2012). ms 5677-5690.