

BAHAGIAN A – PENGESAHAN KERJASAMA*

Adalah disahkan bahawa projek penyelidikan tesis ini telah dilaksanakan melalui kerjasama antara _____ dengan _____

Disahkan oleh:

Tandatangan : Tarikh :
Nama :
Jawatan :
(Cop rasmi)

* *Jika penyediaan tesis/projek melibatkan kerjasama.*

BAHAGIAN B – UNTUK KEGUNAAN PEJABAT

FAKULTI KEJURUTERAAN DAN SAINS GEOINFORMASI

Tesis ini telah diperiksa dan diakui oleh:

Nama dan Alamat Pemeriksa Luar : **PROF. MADYA DR. MOHD SANUSI
BIN S. AHMAD
Timbalan Dekan,
Akademik & Pembangunan Pelajar,
Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam,
Kampus Kejuruteraan Awam,
Universiti Sains Malaysia,
14300 Nibong Tebal,
PULAU PINANG**

Nama dan Alamat Pemeriksa Dalam : **PROF. MADYA MOHD. SAFIE BIN MOHD
Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi,
Universiti Teknologi Malaysia,
81310 UTM Skudai,
JOHOR DARUL TA'ZIM**

Disahkan oleh Ketua Jabatan (Pengajian Siswazah)

Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi :-

Tandatangan : Tarikh :
Nama :
Cop Rasmi :

PENGUJIAN PRESTASI APLIKASI SISTEM MAKLUMAT GEOGRAFI
BERASASKAN WEB BAGI KAJIAN KES PENGGUNAAN PELAYAN PETA
MAPGUIDE

NURUL HAWANI BINTI IDRIS

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
ijazah Sarjana Sains (Geoinformatik)

Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi
Universiti Teknologi Malaysia

APRIL 2008

*Perjalanan menghasilkan tesis ini mempunyai sejarah yang sungguh panjang,
bermula sejakku masih single sehingga telah berkahwin
dan kini mempunyai 2 cahaya mata...*

Untuk yang disayangi

Suami ...

Mohamad Hafis Izran bin Ishak

Abah dan Mama...

Tuan Hj. Idris Shawal & Puan Hj. Mariam Badar

Adik-adik yang membantu sepanjang perjalanan mendapat ijazah sarjana ini...

Alang (2006), Ina (2007), Iwan, Eli (2008), Apit, Dek Pis

Rakan-rakan seperjuangan...

Kak Aisyah, Kak Lia, Kak Liza, Kak Bis, Kak Intan, Izham, wadi, uznir ...

dan

Penyeri Hidupku

My Little Princess and Prince...

Melati Aisyah bt Mohamad Hafis Izran (8.6.2006)

Muhamad Khalil Imran b. Mohamad Hafis Izran (30.9.2007)

Tidak lupa juga, jutaan terima kasih untuk kak ani sekeluarga

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan penghargaan ikhlas kepada penyelia tesis, Prof. Madya Mohamad Nor Said dan Encik Zamri Ismail di atas bimbingan dan dorongan yang diberikan sepanjang tempoh penghasilan tesis ini.

Penghargaan juga ditujukan kepada Encik Mohd Shafry Mohd Rahim, pensyarah Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat (FSKSM), Encik Samsudin Ahmad, pengurus IT fakulti dan pembantunya, Encik Zuber Che Tak serta Encik Ahmad Mokhtar Abdul Kadir, staf makmal GIS dan Encik Muhammad Zulkarnain Abd. Rahman, pensyarah Jabatan Remote Sensing di atas pandangan, bimbingan dan bantuan ikhlas yang diberikan sepanjang tempoh kajian ini dijalankan. Jutaan terima kasih juga kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi di atas tajaan biasiswa *National Science Fellowship* (NSF) untuk melaksanakan penyelidikan tesis ini.

Tidak lupa juga, penghargaan ditujukan kepada rakan-rakan yang menghuni bilik Penyelidikan Master GIS Blok C02 dan C03 (2003-2008) serta semua yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam membantu menjayakan penyelidikan sarjana ini.

ABSTRAK

Gunapakai internet telah menjana revolusi baru kepada kaedah pencapaian dan penyebaran maklumat daripada aplikasi Sistem Maklumat Geografi (GIS). Namun, reka bentuk internet yang pada awalnya bertujuan untuk penyebaran maklumat berasaskan teks didapati kurang efektif apabila melibatkan data geospasial. Reka bentuk ini telah menimbulkan banyak isu berkaitan prestasi (*performance*) dan telah memberi cabaran dalam membangunkan aplikasi GIS berasaskan web yang menawarkan perkhidmatan berkualiti tinggi. Justeru itu, kajian ini dijalankan untuk menilai prestasi aplikasi GIS berasaskan web. Pengujian prestasi telah dilakukan bagi mendapatkan bacaan masa tindak balas capaian dan paparan data geospasial daripada aplikasi GIS yang menggunakan perisian MapGuide (produk Autodesk) sebagai pelayan peta. Pengujian adalah menggunakan perisian *Web Application Stress Tool* (produk Microsoft) dalam proses simulasi bebanan dan pengukuran masa tindak balas. Kajian ini menilai dua faktor utama iaitu jenis pemapar peta (ActiveX dan Java) dan format data spasial (format SDF daripada MapGuide dan Shapefile daripada ESRI). Penilaian turut mengambil kira jenis talian klien/server (modem 56k dan 28.8k) dan bilangan akses pengguna (1, 5, 25, 50 dan 75 orang) secara serentak. Berdasarkan hasil kajian, penggunaan format data SDF mendominasi 52 peratus kepantasan masa tindak balas berbanding format Shapefile. Ujian bagi masa paparan pula mendapati pemapar ActiveX adalah lebih pantas berbanding pemapar Java, manakala tiada perbezaan masa tindak balas yang ketara antara kedua-dua pemapar bagi ujian capaian data. Hasil kajian ini boleh menjadi rujukan dalam menilai jenis format data dan pemapar peta yang dapat memberikan prestasi terbaik untuk aplikasi GIS berasaskan web khususnya yang menggunakan pendekatan di bahagian klien.

ABSTRACT

The internet has revolutionized the means of accessing and disseminating geospatial information in typical Geographic Information System (GIS) applications. However, the earlier design of internet is only to disseminate text-based information. When it comes to geospatial data handling, this architecture is no longer effective and needs proper enhancement towards providing acceptable level of performance both in information retrieval and rendering. Furthermore, the fact that many aspects might affect and causes bottlenecks of typical web application performance present new challenges for GIS developers to ensure a high quality service of their application. Hence, this research is carried out to study the issue (i.e. the performance of web GIS application). The performance testing is conducted to measure the response time in retrieving and rendering the spatial data for an application developed using Autodesk's MapGuide as a map server. These tests are carried out using Web Application Stress Tool, which is a software designed for load simulations and response time measurements. Performance factors tested include map viewer types (Java and ActiveX) and geospatial data formats (MapGuide's SDF and ESRI's Shapefile). For each of these factors, the measurements of response time are made against the client connection types (28k and 56k) and the number of concurrent client access (1, 5, 25, 50 and 75 users). The results show that SDF format performs 52 percent faster in retrieving and rendering processes of geospatial data. Moreover, the ActiveX viewer performs faster in rendering data compared to Java. However, neither viewers show significant performance difference while handling information retrieval. The results of this study can be used as guidance for selecting geospatial data formats and types of map viewer that will results in the best performance particularly in a client-side web-based GIS application.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGESAHAN STATUS TESIS	
	PENGESAHAN PENYELIA	
	KERJASAMA	
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	viii
	SENARAI RAJAH	x
	SENARAI SINGKATAN	xvi
BAB 1	Pengenalan	1
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Pernyataan Masalah	3
	1.3 Tujuan Penyelidikan	5
	1.4 Objektif Penyelidikan	5
	1.5 Skop Penyelidikan	6

1.6	Kepentingan Penyelidikan	9
1.7	Struktur Tesis	10
BAB 2	KAJIAN LITERATUR	12
2.1	Pendahuluan	12
2.2	Pengenalan Kepada Prestasi Dan Kualiti	13
2.3	Pengujian Sistem Dan Aplikasi	18
2.3.1	Pendekatan Pengujian	20
2.3.2	Proses Pengujian	21
2.3.2.1	Pengujian Aplikasi Berasaskan Web	23
2.3.3	Pengujian Prestasi	25
2.3.3.1	Jenis-Jenis Pengujian Prestasi	27
2.3.3.1.1	Pengujian Bebanan	29
2.3.3.2	Jenis-Jenis Pengukuran Prestasi	30
2.3.3.2.1	Pengukuran Masa Tindak Balas	33
2.3.3.3	Metrik Pengukuran	38
2.3.3.4	Kaedah Pengujian Prestasi	40
2.3.3.4.1	Kaedah Pengujian Berkomputer	41
2.4	Aplikasi GIS Berasaskan Web	47
2.4.1	Latar Belakang Aplikasi GIS Berasaskan Web	48
2.4.2	Komponen Asas GIS Berasaskan Web Spatial Penyelidikan	52
2.4.3	Pendekatan Senibina	61
2.4.4	Isu-Isu Prestasi Aplikasi GIS Berasaskan Web	70
2.4.5	Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi	72

Prestasi Aplikasi GIS Berasaskan Web	
2.4.5.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Prestasi Capaian Data Geospasial Melalui Web	73
2.4.5.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Prestasi Paparan Data Geospasial Melalui Web	77
2.4.6 Teknik-Teknik Meningkatkan Prestasi	82
2.5 Kajian-Kajian Lepas Berkaitan Pengujian Prestasi	90
2.6 Latar Belakang Komponen Pengujian Kajian	99
2.6.1 Komponen Data	99
2.6.1.1 Jenis Format Shapefile	100
2.6.1.2 Jenis Format SDF	101
2.6.2 Komponen Perisian	102
2.6.2.1 Perisian MapGuide	103
2.6.2.2 Perisian WAST	107
2.6.3 Komponen Pemapar Peta	113
2.6.3.1 Pemapar ActiveX	113
2.6.3.2 Pemapar Java	115
2.7 Rumusan	120
BAB 3	
METODOLOGI PENYELIDIKAN	121
3.1 Pendahuluan	121
3.2 Rekabentuk Pangkalan Data	124
3.3 Pembangunan Pangkalan Data	124
3.4 Pembangunan Aplikasi Web	129

3.4.1	Pembangunan Pemapar Peta Aplikasi	130
3.4.2	Pembangunan Modul Pengira Masa	131
3.5	Pengujian Aplikasi	133
3.5.1	Perlaksanaan Pengujian A (Pengujian Capaian Masa Tindak Balas)	138
3.5.2	Perlaksanaan Pengujian B (Pengujian Paparasi Masa Tindak Balas)	144
3.6	Pengiraan Hasil Masa Tindak Balas	146
3.7	Rumusan	150
BAB 4	HASIL KAJIAN	152
4.1	Pendahuluan	152
4.2	Hasil Pengujian A -Pengujian Masa Capaian Data	153
4.2.1	Perbandingan 1 -Jenis Format Data Spatial	153
4.2.1.1	Hasil Perbandingan Format Data Pada Skala Kecil (Skala 1:5 754 592)	154
4.2.1.2	Hasil Perbandingan Format Data Pada Skala Sederhana (Skala 1:25000)	157
4.2.1.3	Hasil Perbandingan Format Data Pada Skala Besar (Skala 1:2009)	160
4.2.2	Perbandingan 2 –Jenis Pemapar Peta	163
4.2.2.1	Hasil Perbandingan Pemapar Peta Pada Skala Kecil (Skala 1:5 754 592)	163
4.2.2.2	Hasil Perbandingan Pemapar Peta Pada Skala Sederhana	167

	(Skala 1:25000)	
4.2.2.3	Hasil Perbandingan Pemapar Peta Pada Skala Besar (Skala 1:2009)	170
4.3	Hasil Pengujian B-Pengujian Masa Paparan Data	173
4.3.1	Perbandingan 1 -Jenis Format Data spatial	173
4.3.1.1	Hasil Perbandingan Format Data Pada Skala Kecil (Skala 1: 5 754 592)	174
4.3.1.2	Hasil Perbandingan Format Data Pada Skala Sederhana (Skala 1:25000)	177
4.3.1.3	Hasil Perbandingan Format Data Pada Skala Besar (Skala 1:2009)	180
4.3.2	Perbandingan 2 -Jenis Pemapar Peta	183
4.3.2.1	Hasil Perbandingan Pemapar Peta Pada Skala Kecil (Skala 1:5 754 592)	183
4.3.2.2	Hasil Perbandingan Pemapar Peta Pada Skala Sederhana (Skala 1 : 25 000)	187
4.3.2.3	Hasil Perbandingan Pemapar Peta Pada Skala Besar (Skala 1:2009)	190
4.4	Perbincangan Hasil	193
4.4.1	Perbincangan Hasil Perbandingan Format Data Spatial	196
4.4.2	Perbincangan Hasil Perbandingan	201

	Jenis Pemapar Peta	
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	206
	5.1 Pendahuluan	206
	5.2 Kesimpulan	207
	5.3 Cadangan Penambahbaikan	210
	5.3.1 Pengujian Di Dalam Jaringan Terasing	210
	5.3.2 Pemilihan Perisian Pengujian	211
	Prestasi Yang Sesuai	
	5.3.3 Pemilihan Sampel Data	213
	5.3.4 Penambahan Jenis Pengukuran	214
	Pengujian Prestasi	
	RUJUKAN	215-224

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Butiran Data Kajian	7
2.1	Beberapa Contoh Proses Pengujian Beserta Kategori Pendekatan Dan Teknik Pengujian	22
2.2	Perbandingan Pengujian Aplikasi Berasaskan Web Dengan Pengujian Tradisional	24
2.3	Perbezaan Ciri Aplikasi Mengikut Era Perkembangan Bidang GIS	49
2.4	Penilaian Pendekatan Pembangunan Komponen Klien GIS Berasaskan Web	54
2.5	Kadar Perpindahan Maksimum Mengikut Medium Perhubungan	59
2.6	Tugas Yang Dilakukan Mengikut Komponen Dalam Pendekatan Di Bahagian Server	62
2.7	Tugas Yang Dilakukan Mengikut Komponen Dalam Pendekatan Di Bahagian Server	64
2.8	Spesifikasi Perkakasan Server	92
2.9	Spesifikasi Perkakasan Klien	93
2.10	Spesifikasi Perisian Yang Digunakan Pada Klien Dan Server	93
2.11	Hasil Ujian Operasi <i>GetCapabilities</i>	97

2.12	Hasil Ujian Operasi <i>GetMap</i>	98
2.13	Perbandingan Ciri-Ciri Pemapar Peta Java Dan ActiveX	119
3.1	Butiran Lapisan Data Spatial	127
3.2	Butiran Data Ujian	135
3.3	Butiran Set Data Kajian Mengikut Pemapar Peta	135
3.4	Konfigurasi Klien A	138
3.5	Butiran Bait Perpindahan Data Mengikut Skrip Ujian (POST)	143
3.6	Konfigurasi Klien B	144
4.1	Matrik Dominasi Format Data Mengikut Kepantasan Masa Capaian Dan Paparan	197
4.2	Matrik Dominasi Pemapar Peta Mengikut Kepantasan Masa Capaian Dan Paparan	202

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Sampel Data Ujian Mengikut Skala dan Kepadatan Objek	7
2.1	Komponen-Komponen Jaminan Kualiti Perisian	19
2.2	Persamaan Asas Pengukuran Kitaran Mega	32
2.3	Formula Pengiraan Purata Masa Tindak Balas	33
2.4	Formula Masa Tindak Balas Di Bahagian Klien	34
2.5	Pengiraan Anggaran Masa Muat Turun	35
2.6	Pengiraan Bilangan <i>Turns</i>	36
2.7	Pengiraan Masa Tindak Balas Berdasarkan Nilai <i>Turns</i>	37
2.8	Carta Alir Metodologi Pengujian Prestasi	46
2.9	Komponen Asas GIS Berasaskan Web	52
2.10	Pendekatan Senibina Di Bahagian Server	62
2.11	Pendekatan Di Bahagian Klien Menggunakan <i>GIS Applet</i>	66
2.12	Pendekatan Di Bahagian Klien Yang Menggunakan Program GIS Sebagai Pelayar	67
2.13	Pendekatan Hibrid Klien/Server	69
2.14	Pendekatan Data Agihan Antara Beberapa Server	88

2.15	Pendekatan <i>Mirrored Data</i> Antara Beberapa Server	88
2.16	Spesifikasi Perkakasan Dan Perisian Yang Digunakan Dalam Pengujian	96
2.17	Senibina MapGuide	103
2.18	Perhubungan Antara <i>Stress Level</i> dan <i>Stress Multiplier</i>	109
2.19	Formula Pengiraan Masa Penanguhan	110
2.20	Proses Kerja Pemapar Peta ActiveX	115
2.21	Proses Kerja Yang Terlibat Antara Pemapar Peta Java <i>applet</i> dengan server	118
3.1	Rangka Kerja Metodologi Penyelidikan	122
3.2	Perincian Fasa 4: Rekabentuk Dan Pengujian	123
3.3	Rekabentuk Konseptual Pangkalan Data	125
3.4	Antara Muka Komponen Mapguide SDF <i>Loader</i> 6.0 Beserta Parameter Fail Input Dan Output Yang Dikehendaki	128
3.5	Kod HTML Untuk Pengaktifan <i>Tool Bar</i>	131
3.6	Contoh Arahan SQL Dalam Menu <i>Zoomgoto</i>	131
3.7	Pengira Masa Dalam Pemapar Activex	132
3.8	Pengira Masa Dalam Pemapar Java	132
3.9	Sampel Data Kajian Bagi Pemapar Activex Dan Pemapar Java	137
3.10	Senibina Pengujian A	139
3.11	Hasil Skrip-Skrip Ujian Yang Dihasilkan Oleh WAST	141
3.12	Antaramuka Menu Untuk Pemilihan Skrip POST Bagi Sesuatu Pengujian	142
3.13	Menu <i>Setting</i> Dalam Perisian WAST Untuk Kemasukan Parameter Ujian	143
3.14	Senibina Perlaksanaan Pengujian B	145

3.15	Lekuk Sisihan Piawai	148
4.1	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Format Data (Modem 56K) Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:5754592	155
4.2	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Format Data (Modem 28.8K) Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:5754592	156
4.3	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Format Data (Modem 56K) Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1: 25 000	158
4.4	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Format Data (Modem 28.8K) Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:25 000	159
4.5	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Format Data Menggunakan Modem 56K Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:2009	161
4.6	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Format Data Menggunakan Modem 28.8 K Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:2009	162
4.7	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 56K Bagi Data Berskala 1:5754592	165
4.8	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Jenis Pemapar Peta	166

	Menggunakan Modem 28.8K Bagi Data Berskala 1:5 754592	
4.9	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 56K Bagi Data Berskala 1:25000	168
4.10	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 28.8K Bagi Data Berskala 1:25000	169
4.11	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 56K Bagi Data Berskala 1:2009	171
4.12	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Capaian Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 28.8K Bagi Data Berskala 1:2009	172
4.13	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Format Data Menggunakan Modem 56 K Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1: 5 754 592	175
4.14	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Format Data Menggunakan Modem 28.8K Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1: 5 754 592	176
4.15	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Format Data Menggunakan Modem 56K Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:25 000	178
4.16	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas	179

	Paparan Dari Segi Format Data Menggunakan Modem 28.8K Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:25 000	
4.17	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Format Data Menggunakan Modem 56K Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:2009	181
4.18	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Format Data Menggunakan Modem 56K Dalam Pemapar Activex Dan Java Bagi Data Berskala 1:2009	182
4.19	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 56K Bagi Data Berskala 1:5754592	185
4.20	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 28.8K Bagi Data Berskala 1:5 754592	186
4.21	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 56K Bagi Data Berskala 1:25000	188
4.22	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 28.8K Bagi Data Berskala 1:25000	189
4.23	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 56K Bagi Data Berskala 1:2009	191

4.24	Perbandingan Kepantasan Masa Tindak Balas Paparan Dari Segi Jenis Pemapar Peta Menggunakan Modem 56K Bagi Data Berskala 1:2009	192
------	---	-----

SENARAI SINGKATAN

ADL	<i>Alexandria Digital Library Project</i>
ADO	<i>ActiveX Data Object</i>
AML	<i>Arc Macro Language</i>
ASP	<i>Active Server Pages</i>
BoW	<i>Bytes Over the Wire</i>
BPR	<i>Bytes Per Request</i>
CGI	<i>Common Gateway Interface</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CRT	<i>Client Response Time</i>
CSV	<i>Comma Separated Variable</i>
DCOM	<i>Distributed Component Object Model</i>
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
DGI	<i>Distributed Geographic Information</i>
DHTML	<i>Dynamic Hypertext Markup Language</i>
DLL	<i>Dynamic Link Library</i>
DRAM	<i>Dynamic Random Access Memory</i>
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
DWG	<i>Drawing</i>
E-IDE	<i>Extended Integrated Drive Electronic</i>
ER	<i>Entity Relationship</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GB	<i>Gigabait</i>

GIS	<i>Geographic Information System</i>
GUI	<i>Graphic User Interface</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
ICT	<i>Information Communication Technology</i>
ID	<i>Identity</i>
IDE	<i>Integrated Drive Electronic</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IIS	<i>Internet Information Server</i>
IMG	<i>Image</i>
ISAPI	<i>Internet Server Application Program Interface</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
IT	<i>Information Technology</i>
JDBC	<i>Java Database Connectivity</i>
JDK	<i>Java Developer's Kit</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
JVM	<i>Java Virtual Machine</i>
KB	<i>Kilobait</i>
Kbps	<i>Kilobyte per second</i>
KDNK	<i>Keluaran Dalam Negara Kasar</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
NGO	<i>NonGovernmental Organization</i>
MB	<i>Megabait</i>
MHZ	<i>MegaHertz</i>
MWF	<i>Map Window File</i>
NSAPI	<i>Netscape Server Application Program Interface</i>
ODBC	<i>Open Database Connectivity</i>
OGC	<i>Open GIS Consortium</i>
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i>

OLEDB	<i>Object Linking and Embedding Database</i>
PCMM	<i>People Capability Maturity Model</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
POTS	<i>Plain Old Telephone Service</i>
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RPC	<i>Remote Procedure Call</i>
RSO	<i>Rectified Skew Orthomorphic</i>
RTC	<i>Round Trip Count</i>
RTT	<i>Round Trip Time</i>
SCSI	<i>Small Computer System Interface</i>
SDF	<i>Spatial Data File</i>
SDI	<i>Spatial Data Infrastructure</i>
SHP	<i>Shapefile</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>
STEP	<i>Systematic Test and Evaluation Process</i>
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i>
SW-CMM	<i>Capability Maturity Model for Software</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i>
TTFB	<i>Total Time To First Byte</i>
TTLB	<i>Total Time To Last Bytes</i>
UTM	<i>Universiti Teknologi Malaysia</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>
VRAM	<i>Video Random Access Memory</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
WAP	<i>Wireless Application Protocol</i>
WAST	<i>Web Application Stress Tool</i>

WMS *Web Map Service*
WWW *World Wide Web*

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Teknologi maklumat sentiasa berkembang dari semasa ke semasa, begitu juga dengan Sistem Maklumat Geografi (GIS) yang sentiasa bergerak seiring dengan arus perkembangannya. Pelbagai ciri baru yang masih belum terdapat di dalam sistem berkenaan sentiasa diselidiki dan ditambah. Ini dapat dilihat pada sejarah pembangunannya yang bermula dengan sistem yang hanya menggunakan kerangka utama (*mainframe*) berpusat, berubah kepada penggunaannya secara *desktop*. Kini GIS digunapakai secara teragih (*distributed*) melalui aplikasi internet berjaringan (*wired*) dan aplikasi mudah alih (*mobile*) yang tidak memerlukan jaringan (*wireless*). Perkembangan ini telah memberi revolusi baru dalam bidang ini iaitu daripada sistem yang tertutup dan berpusat kepada sistem yang lebih terbuka dan perkhidmatannya yang boleh diagihkan. Ia juga merupakan satu anjakan paradigma iaitu dari segi kaedah capaian data dan gunapakai di mana sebelum ini hanya terhad pada penggunaan secara *desktop* tetapi kini lebih menyeluruh yang boleh dilakukan secara jarak jauh (*remote*).

Hampir sedekad, banyak aplikasi yang penting dan menarik telah menggunakan internet sebagai media untuk menyebarkan maklumat dalam sesuatu perkhidmatan. Bidang GIS turut mengalami perkembangan yang begitu memberangsangkan. Pelbagai aplikasi berasaskan kemudahan ini (*web-based GIS*) muncul bagi meningkatkan kecekapan pengurusan data geospasial terutama dalam capaian dan penyebaran data. Melalui aplikasi GIS berasaskan web, pengguna GIS boleh menggunakan pelayar web (*browser*) untuk membuat eksplorasi terhadap maklumat berkaitan spatial yang dibekalkan dan melakukan proses analisis data dengan mudah dan cepat tanpa mengira di mana berada atau pun masa operasi dilakukan.

Penggunaan internet dalam bidang GIS walau bagaimanapun memerlukan beberapa komponen yang sedikit berbeza daripada apa yang telah sedia direkabentuk dan digunapakai di dalam aplikasi-aplikasi yang lain sejak 30 tahun yang lalu. Jika dilihat pada awal penggunaannya, internet telah direka untuk menyebarkan informasi berasaskan teks melalui perkhidmatan seperti Telnet, email, gopher dan *File Transfer Protocol* (FTP). Dokumen-dokumen ini dipindahkan secara berpaket-paket (*packet delivery*). Rekabentuk perpindahan sebegini menyebabkan internet dan juga *Transmission Control Protocol* (TCP) yang diguna pakai kini tidak mampu memberi kualiti jaringan komunikasi yang cekap dalam penyebaran maklumat-maklumat lain yang dihasilkan dalam bentuk video, bunyi dan juga peta (asas kepada operasi GIS) (Peng dan Tsou, 2003).

Tambahan pula, protokol *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) masih tidak dapat menyokong penghantaran data vektor kepada klien sedangkan jenis data yang banyak digunakan dalam aplikasi GIS melibatkan data vektor dan data raster (Bedekar *et al.*, 2003). Keadaan ini akan lebih dirasai oleh pengguna ketika pengendalian data geospasial yang melibatkan pelbagai jenis data (vektor, raster, imej) yang kebiasaannya bersaiz besar. Pengguna (di bahagian klien) akan menghadapi masalah dari segi pencapaian ketika berlakunya kesesakan jaringan (*network congestion*) atau jika jalur lebar (*bandwidth*) yang rendah digunakan.

Permasalahan ini telah membawa kepada penciptaan strategi-strategi baru dalam senibina sistem GIS iaitu strategi di bahagian klien (*client-side*) dan juga hibrid (Foote dan Kirvan, 1997). Namun setiap strategi atau senibina ini mempunyai prestasi yang berbeza kerana menggunakan pendekatan yang berbeza untuk mencapai dan memaparkan data GIS.

Justeru itu, penulisan tesis ini memfokuskan kepada pengujian dan penilaian terhadap tahap prestasi aplikasi GIS berasaskan web yang dibangunkan menggunakan pendekatan senibina di bahagian klien (*client-side*) dalam mencapai dan memaparkan data geospasial. Elemen pengukuran yang terlibat adalah tempoh masa perpindahan dan pemaparan data geospasial. Isu yang dibincangkan pula adalah aspek-aspek yang mempengaruhi prestasi capaian dan pemaparan data geospasial melalui web.

1.2 Pernyataan Masalah

Dalam pembangunan aplikasi GIS berasaskan internet (web), prestasi merupakan antara isu penting yang perlu diberi perhatian kerana data dalam aplikasi GIS kebanyakannya melibatkan data vektor dan raster yang bersaiz besar. Data-data ini pula akan digunakan untuk pencapaian, pemaparan, analisis dan pengeditan data spatial dan atribut yang melibatkan pelbagai jenis dan kepadatan objek. Aplikasi yang melibatkan *multiple services* ini menyebabkan rekabentuk penghantaran data secara berpaket-paket yang digunakan adalah tidak *reliable* dari segi kualiti jaringan komunikasi. Rekabentuk ini akan memberi bebanan kepada jaringan dan menyebabkan kesesakan berlaku. Kesan seterusnya akan berlaku pada masa tindak balas (*response time*) yang dialami oleh pengguna di mana mereka perlu mempunyai tahap kesabaran yang tinggi dalam melayari aplikasi GIS menggunakan jaringan internet dan intranet.

Selain itu, protokol *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) masih tidak dapat menyokong penghantaran data vektor kepada klien sedangkan jenis data yang banyak digunakan dalam aplikasi GIS melibatkan data vektor dan data raster (Bedekar *et al.*, 2003). Permasalahan ini telah membawa kepada penciptaan strategi-strategi baru dalam senibina sistem GIS iaitu pemprosesan di bahagian klien (*client-side*) dan juga strategi hibrid. Namun setiap strategi ini mempunyai prestasi yang berbeza kerana menggunakan pendekatan yang berbeza untuk mencapai dan memaparkan data GIS.

Jika dilihat pada pendekatan senibina dibahagian klien (pemprosesan logik dilakukan di bahagian klien dan server hanya memberi tindak balas untuk perpindahan data), isu protocol HTTP yang telah dinyatakan boleh diatasi. Namun, hanya fungsi GIS dan data-data tertentu sahaja yang dimuat turun ke komputer klien. Segala pertanyaan (*query*) terhadap data atribut dan permintaan terhadap data spatial yang belum dimuat turun masih memerlukan interaksi antara klien dan server. Oleh itu, isu tahap prestasi masih menjadi cabaran kepada pembangun aplikasi GIS yang memilih senibina di bahagian klien dalam membangunkan suatu aplikasi GIS berasaskan web.

Tambahan pula, terdapat pelbagai aspek yang boleh menjadi punca permasalahan (*bottlenecks*) yang memberi kesan kepada tahap dibahagian klien aplikasi web yang dibangunkan. Lebih-lebih lagi pada aplikasi GIS berasaskan web yang menggunakan konsep klien/server dalam senibinanya (Loosley dan Douglas, 1998). Isu ini menjadi cabaran kepada para pembangun aplikasi GIS dalam memastikan kualiti perkhidmatan aplikasi yang dibangunkan menepati tahap prestasi di bahagian klien seperti yang dikehendaki.

Justeru itu, kajian ini dijalankan untuk mengkaji aplikasi GIS berasaskan web di bahagian klien. Penumpuan adalah kepada pelaksanaan pengujian dibahagian klien terhadap aplikasi GIS yang dibangunkan menggunakan Autodesk MapGuide sebagai pelayan peta (*Map Server*). Jenis pengukuran yang diambil adalah masa

tindak balas (*response time*) semasa pengguna membuat capaian dan pemaparan data spatial. Empat faktor utama yang di ambil kira dalam perbandingan tahap di bahagian klien adalah bilangan pengguna membuat akses, jenis talian klien/server yang digunakan, jenis pemapar MapGuide dan jenis format sumber data spatial.

1.3 Tujuan Kajian

Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk menguji dan menilai tahap prestasi beberapa operasi GIS yang dilakukan melalui web dari segi masa tindak balas di antara klien/server.

1.4 Objektif Kajian

Bagi mencapai tujuan kajian, beberapa objektif seperti berikut telah ditetapkan:

1. Merekabentuk dan membangunkan satu pangkalan data geospasial bagi kegunaan aplikasi berasaskan web
2. Membangunkan aplikasi GIS berasaskan web bagi tujuan pengujian prestasi
3. Menguji dan menilai prestasi capaian dan paparan data geospasial.

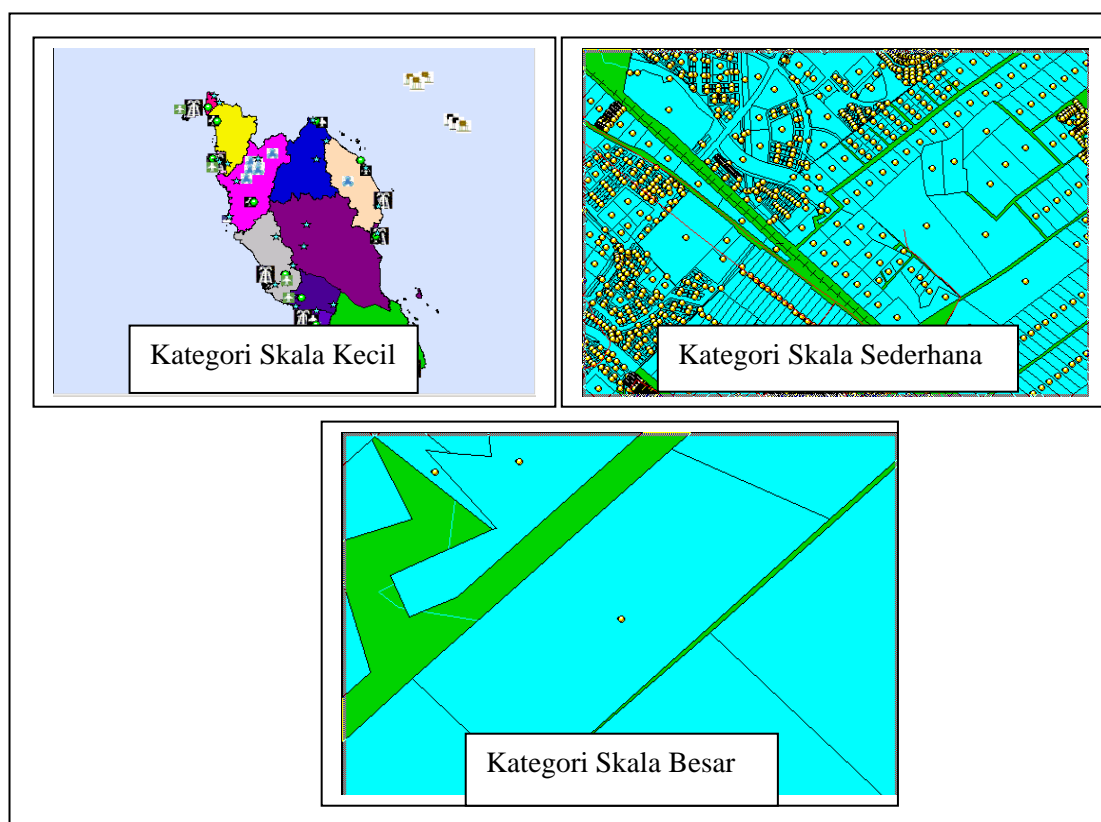
1.5 Skop Kajian

Skop kajian ini adalah tertumpu kepada perkara-perkara seperti berikut:

1. Domain kajian ini adalah pengujian tahap prestasi capaian dan paparan data spatial yang diimplementasi berdasarkan senibina di bahagian klien (*client-side*).
2. Kajian hanya tertumpu kepada data spatial berkaitan maklumat perindustrian.
3. Proses pengujian yang dilakukan adalah pengujian prestasi iaitu dengan melaksanakan ujian bebanan
4. Pelayan peta yang digunakan adalah Autodesk MapGuide 6.3
5. Empat faktor yang diambil kira dalam membuat penilaian perbandingan tahap prestasi adalah :
 - i. Jenis talian (*connection*) (28.8Kbps modem, 56 Kbps modem)
 - ii. Bilangan capaian pengguna serentak (1,5,25,50,75)
 - iii. Jenis pemapar (Pemapar MapGuide ActiveX dan Pemapar MapGuide Java)
 - iv. Format sumber data spatial (Esri *Shapefile*, MapGuide *Spatial Data File*)
6. Tiga kategori sampel data kajian digunakan iaitu data berskala kecil (1:5754592), skala sederhana (1: 25 000) dan berskala besar (1:2009). Nilai skala tersebut diambil secara terus (*default*) berdasarkan skala yang boleh dipaparkan oleh pemapar peta melalui 3 operasi kajian. Penetapan skala kepada nilai yang lebih sistematik tidak dapat dilakukan kerana skala tersebut bergantung kepada operasi yang dilakukan dan jenis teknologi pemapar peta yang digunakan.
7. Tiga operasi dilakukan untuk mendapatkan sampel data tersebut iaitu operasi memuat turun data awal selepas *initialization* pemapar peta (data berskala kecil), proses *zoom to scale* (data berskala sederhana) dan proses *zoom goto* (data berskala besar). Jadual 1.1 menunjukkan butiran sampel data kajian manakala Rajah 1.1 pula menunjukkan sampel data ujian.

Jadual 1.1: Butiran Data Kajian

Butiran Data Kajian berdasarkan bacaan MapGuide Author di Server		
Skala Kecil	1:5754592	
Proses	Muat turun data awal	
Saiz tettingkap	783 x 706 (km)	
	Format SDF	Format SHP
Bait perpindahan ikut format	116738 (bait)	116444 (bait)
Skala Besar	1:2009	
Proses	<i>Zoom goto</i>	
Saiz tettingkap	273 x 247 (m)	
	Format SDF	Format SHP
Bait perpindahan ikut format	1240 (bait)	1259 (bait)
Skala Sederhana	1:25 000	
Proses	<i>Zoom to scale</i>	
Saiz tettingkap	3.40 x 3.07 (km)	
	Format SDF	Format SHP
Bait perpindahan ikut format	188 446 (bait)	211 901 (bait)

**Rajah 1.1:** Sampel data ujian mengikut skala dan kepadatan objek

8. Pengkelasan sampel data adalah berdasarkan saiz skala (kecil, sederhana dan besar) dan tidak berdasarkan saiz data kerana saiz perpindahan data geospatial melalui web adalah bergantung kepada saiz skala paparan, bukannya bergantung kepada saiz keseluruhan set lapisan data. Ini kerana, jika sesuatu operasi dilakukan seperti *zoom in*, data yang dipindahkan ke klien adalah data kawasan yang di *zoom* mengikut saiz skala paparan. Oleh itu, pengkelasan sampel data kajian berdasarkan saiz skala lebih relevan bagi mewakili saiz paparan data berbanding saiz data.
9. Dua jenis pengujian dilakukan dalam kajian ini iaitu Pengujian A untuk mendapatkan pengukuran masa capaian data dan Pengujian B untuk mendapatkan pengukuran masa paparan data.
10. Jenis pengukuran dalam menilai tahap prestasi adalah pengukuran masa tindak balas.
11. Bacaan masa tindak balas dalam Pengujian A diukur dengan menggunakan perisian pengujian bebanan Microsoft Web Application Stress 1.1 (WAST). Kuantiti yang diukur adalah *Total Time Last Bytes* (TTLB) iaitu tempoh masa yang diperlukan oleh bait terakhir suatu permintaan untuk selesai dihantar oleh server ke klien.
12. Bacaan masa tindak balas dalam Pengujian B diukur menggunakan pengira masa Javascript (Pemapar ActiveX) dan Java *applet* (Pemapar Java). Jenis pengukuran yang dilakukan adalah *User's Perceived Response Time* Kuantiti yang diukur pula adalah *Client Response Time* (CRT) iaitu masa yang diambil oleh laman web untuk selesai memaparkan data dan sedia untuk berinteraksi dengan pengguna. Masa yang diukur tidak merangkumi masa yang diperlukan untuk pengkompilan kod Java di klien semasa di awal penggunaan pemapar Java.
13. Konfigurasi server yang digunakan adalah seperti berikut :
 - a. Sistem Pengoperasian: Windows Server 2000
 - b. *Random Access Memory* (RAM): 1 Gigabait
 - c. Jenis pemproses : Intel Pentium IV
 - d. Kelajuan pemproses : 700 Mhz
 - e. Jaringan : 100 Mbps Ethernet

14. Konfigurasi parameter dalam perisian pengujian (WAST)

- Server: 161.139.104.101
- *Stress level (threads)* : 1/ 5/ 25/ 50/ 75 (dimasukkan berasingan)
- *Stress multiplier (sockets per thread)* : 1
- *Test Run Time* :1 saat hingga 1 minit (mengikut bilangan akses,jenis modem dan jenis *method* POST)
- *Suspend Warmup*: 25 saat
- *Suspend Cooldown*: 25 saat
- *Throttle bandwidth*: modem 28.8K atau modem 56K
- *Request Delays*: 0 milisaat

15. Simulasi jenis talian (modem 56K dan modem 28.8K) dalam Pengujian B dilakukan menggunakan *tool* Shunra Nimbus.

1.6 Kepentingan Kajian

Kajian ini dijangkakan dapat menghasilkan beberapa manfaat yang antara lainnya adalah:

- i) Satu hasil analisis tahap prestasi komponen klien (pemapar ActiveX dan pemapar Java) yang disediakan oleh perisian Autodesk MapGuide 6.3 dari segi pencapaian dan pemaparan data GIS berdasarkan empat faktor yang diambil kira.
- ii) Satu hasil analisis perbandingan tahap prestasi antara aplikasi GIS berasaskan web yang mengguna pakai data spatial berformat *Spatial Data File* (SDF) dengan aplikasi GIS yang menggunakan sumber data berformat Shapefile
- iii) Satu penilaian terhadap tahap prestasi aplikasi GIS berasaskan web yang menggunakan pendekatan senibina di bahagian klien (*client-side*)

Autodesk MapGuide dalam mencapai dan memaparkan data geospasial yang pelbagai jenis, saiz dan kepadatan.

- iv) Satu dokumen yang dapat membantu golongan profesional dan pengurusan GIS semasa proses membuat pemilihan produk dan komponen dalam membangunkan suatu aplikasi GIS yang biasanya disediakan dengan pelbagai pilihan dalam sesuatu pakej perisian internet GIS.

1.7 Struktur Tesis

Tesis ini mengandungi lima bab seperti berikut:

Bab 1 merupakan pengenalan kepada kajian yang dijalankan. Ia merangkumi perbincangan mengenai latar belakang kajian, pernyataan masalah, objektif serta skop kajian. Kepentingan kajian turut dimuatkan dalam bab ini.

Bab 2 membincangkan kajian-kajian literatur yang didapati membantu dalam pelaksanaan kajian. Ia merangkumi literatur berkenaan perkaitan prestasi dan kualiti, proses dan pendekatan pengujian secara keseluruhan, pengujian prestasi secara terperinci, isu-isu prestasi aplikasi GIS berasaskan web, faktor-faktor yang mempengaruhinya serta teknik untuk meningkatkan prestasi sesebuah aplikasi. Selain itu, beberapa sampel kajian kajian berkaitan yang telah dilakukan oleh para penyelidik lain turut dibincangkan.

Bab 3 menjelaskan tentang metodologi kajian. Dalam bab ini, kaedah kajian yang bermula dari pembangunan aplikasi GIS berasaskan web sehingga ke fasa pengujian masa tindak balas dibincangkan.

Bab 4 membicarakan hasil analisis pengujian yang telah dijalankan dan sintesis keputusan pengujian tersebut.

Bab 5 merangkumi kesimpulan kajian secara keseluruhan, permasalahan kajian dan juga cadangan peningkatan kajian pada masa hadapan.

RUJUKAN

- Adam, J.C. dan Armstrong, A.A. (1998). Web-based Testing- A Study in Insecurity. *World Wide Web* :IEEE, 193-208.
- Alexander, J.P. dan Ganter, J.H. (2000). *Designing a Map Server*. Unpublished Notes, WPTC .
- Allen, J. (2001). *Only 13 billion milliseconds from now*. Unpublished Note, Mechanicsville, VA USA.
- Ash,L. (2003). *The Web Testing Companion*. Edisi Pertama. United States: John Wiley & Sons.
- Autodesk (2001a). *White Paper : Performance and Recommended Setup for Autodesk MapGuide*. Technical Report. Autodesk.
- Autodesk (2001b). *Autodesk MapGuide User Guide Documentation Release 6.3*. Manual Gunapakai Perisian. Autodesk.
- Autodesk (2001c). *Autodesk MapGuide SDF Component ToolKit Help*. Manual Gunapakai Perisian. Autodesk.
- Autodesk (2001d). *Autodesk MapGuide Release 6 Developer Guide*. Autodesk.
- Autodesk (2004). *Autodesk Official Training Courseware: MapGuide*. Malaysia: Terradisk Sdn. Bhd.
- Avritzer, A. dan Weyuker, E.J. (2004). The Role of Modeling in the Performance Testing of E-Commerce Application. *IEEE Transaction on Software Engineering*. Vol.30 (No.12): IEEE.
- Barford, P. dan Crovella, M. (1998). Generating Representative Web Workloads for Network and Server Performance Evaluation. *Proceedings of the 1998 ACM SIGMETRICS International Conference on Measurement and Modeling of Computer System.*, July 1998: ACM, 151 – 160.

- Baptista, C.D.S., Nunes, C.P., Sousa, A.G.D., Silva, E.R.D, Jr, F.L.L. dan Paiva, A.C.D. (2005). On Performance Evaluation of Web GIS Application. *Proceedings of the 16th International Workshop on Database and Expert System Applications* : IEEE.
- Barber, S. (2003a). *Noblestar: Performance Testing Uncovered*: Noblestar
- Barber, S. (2003b). *Software Engineering: User Experience, not Metrics Part 6* : NobleStar.
- Barber, S. (2003c). *User Experience, not Metrics Part 10: Creating a Degradation Curve*: NobleStar.
- Bedekar, D.M., Kharad, S.M. and Pokharkar, Y.T. (2003). Low-cost internet/intranet enabled graphics viewer for GIS applications. *Map India 2003: GISdevelopment*
- Beh, B. dan Rahman, A.A. (2003). *Generating Online Map For Skudai Using Minnesota Map Server*. Tesis Sarjana Muda. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai.
- Bell, D. dan Parr, M. (1996). *Java for students*. Second Edition. Great Britain: Prentice Hall.
- Benson, C., Elman, A., Nickell, S. dan Robertson, C.Z. (2004). *GNOME Human Interface Guidelines 2.0* : GNOME
- Bertolotto, M. dan Egenhofer, M. (2001). Progressive Transmission Vector Data Over the WWW. *Geoinformatics Journal*. Vol 5(No.4). pp 345-373.
- Breg, F., Lew, M. dan Wijshoff, H.A.G. (2000). *Performance Evaluation of a Java Based Chat System*. In Valero,M. et al (Eds). *ISHPC 2000*: Springer-Verlag, 276-283.
- Cambridge University Press (2006). *Cambridge Learner's Dictionary*. Cambridge University Press: United Kingdom.
- Chee, W.T. (2004). *Quality of Services for Wireless Multicast Applications*. Tesis Ph.D.Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang.
- Chen, X.M., Yang, C.W., dan Chen, S. (2005). Evolution and Computing Challenges of Distributed GIS. *International Journal of Geographic Information Science*. Vol.11(No.1). 61-70 .
- Chervanek, A., Foster, I., Kesselman, C., Salisbury, C. dan Tuecke, S. (2000). The Data Grid: Towards an Architecture for the Distributed Management and Analysis of Large Scientific Datasets. *Journal of Network and Computer Applications*. Vol. 23 (No.3). 187-200. Elsevier Science.

- Childers, G., dan Keating, R. (1999). The Internet Advantage in Facilities Management. *Proceeding in Geospatial Information and Technology Association (GITA 1999)*, 25 – 28 April 1999. Charlotte, North Carolina, USA.
- Coddington, P.D., Hawick, K.A., dan James, H.A. (1999). Web-based Access to Distributed High Performance GIS for Decision Support. *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Science*.
- Colas, N., Houston, B. dan Warnecke, L. (2000). *Internet-Based GIS for Local Government*: Cayuga.
- Craig, R.D. dan Jaskiel, S.P. (2002). *Systematic Software Testing*. First Edition. USA: Artech House Publisher.
- Crovella, M.E., dan Bestavros, A. (1995). *Explaining World Wide Web Traffic Self-Similarity*. Technical Report BUCS-TR-95-015 (Revised). Boston University Department of Computer Science, Oktober 1995.
- Cunha, C.R., Bestavros, A., dan Crovella, M.E. (1995). *Characteristics of WWW Client-based Traces*. Technical Report BUCS-TR-95-015 (Revised). Boston University Department of Computer Science, Oktober 1995.
- Davis, O., McGinn, T. dan Amit, B. (1996). *Instant Java applets*. First edition. USA: Ziff-Davis Press.
- DeWeese, J. (2003). *ESRI Systems Integration Test Report: Citrix Thin-Client vs. ArcSDE Direct Access Network Traffic Testing* :ESRI
- Dilley, J., Friedrich, R., Jin, T., dan Rolia, J. (1998). Web Server Performance Measurement and Modeling Techniques. *An International Journal of Performance Evaluation*. Vol.33. pp 5-26: Elsevier.
- Ding, C., Deng, J., Chi, C.H., dan Dong, C.L. (1999). Selective Java Applet Filtering on Internet : *IEEE*.
- Domenech, J., Gil, J.A., Sahuquillo, J., dan Pont, A. (2005). Web Prefetching Performance Metrics: A Survey. *An International Journal of Performance Evaluation*. Vol. 63. pp 988-1004 : Elsevier.
- Dragicevic, S. dan Balram, S. (2004). A Web GIS Collaborative Framework to Structure and Manage Distributed Planning Process. *Journal of Geographic System*. Vol.6(No.3). pp.133-153.
- Du, W. dan Gabay, Y. (2002). Scalable and Interoperable Tourism Information System Based on the WebGIS. *Proceeding of the Asian Map 2002*. 87 – 91.

- ESRI (1998). *ESRI White Paper: Shapefile Technical Description*: ESRI
- ESRI (2002). *White Paper: ArcIMS 4 Architecture and Functionality* : ESRI
- ESRI (2005). *ESRI Systems Integration Technical Brief: Web Application Stress Test Methodology*: ESRI
- Ferguson, G.A. (1981). *Statistical Analysis in Psychology and Education*. United States of America: McGraw-Hill.
- Field, A.J., Harrison, P.G. dan Parry, J. (1998). *Response Time in Client/Server System*. In Puigjaner, R. et al. (Eds). *Tools'98, LNCS*. London: Springer-Verlag.
- Fordyce, A. (2002). *Technical Comparison: Autodesk MapGuide 6 and ESRI's ArcIMS 4*: Autodesk.
- Foote, K.E. and Kirvan, A.P. (1997). *WebGIS* : NCGIA.
- Fujinoki, H. dan Gollamudi, K.K. (2002). Object Packaging Web Response Time Reduction For Slow and Busy Web Server. *Proceedings of the 27th Annual IEEE Conference on Local Computer Network* : IEEE.
- Gayathri, D.S. (2000). *Web-Based Geographic Information Systems: Public Participant in Virtual Decision Making Environments.*” Tesis Sarjana. Faculty of Virginia Polytechnic and State University.
- Gifford, F. (1999). *Internet GIS Architecture – Which Side Is Right for you?*: CEIBA
- Goldman, J.E., Rawles, P.T. dan Mariga, J.R. (1999). *Client/Server Information Systems: A Business-Oriented Approach*. New York: John Wiley & Sons.
- Gupta, A., McDaniel, J.C, dan Herath, K, (2005). Quality Management in service firms: sustaining structure of total quality service. *Journal of Managing Service Quality*. Vol. 15 (No.4). 389-402: Emerald Group.
- Guzdial, M. dan Ericson, B. (2007). *Introduction to Computing & Programming with Java: A Multimedia Approach*. United States of America: Pearson Education.
- Hetzel dan Bill. (1984). *The Complete Guide to a Software Testing* : QED Information Science.
- Horanont, T., Tripathi, N.K., dan Raghavan, V. (2002). A Comparative Assessment of Internet GIS Server Systems. *Map Asia 2002* : GISDevelopment.
- Huayi, W. dan Deren, L. (2006). *QoGIS: Quality of Geospatial Information Services*. *International Conference in Asia GIS 2006*. 9 – 10 Mac 2006, Johor, Malaysia.

- Ibrahim, S., Kadir, W.M.N.W, Samsuri, P., Mohamed, R. dan Idris, M.Y. (1999). *Kejuruteraan Perisian*. Edisi Pertama. Skudai, Johor: Universiti Teknologi Malaysia.
- Intel (1999). *56K Modem Technology: Faster Communication Over Standard Telephone Lines* : Intel.
- International Business Strategies® (2004). *Broadband Technology in Malaysia: Market Research Report*: International Business Strategies.
- Jabatan Perangkaan Malaysia (2007). *Laporan Keluaran Dalam Negara Kasar Pada Harga Semasa – Suku Ketiga 2007*. Diperoleh 8 Februari 2008, daripada <http://www.statistics.gov.my>.
- Jabatan Perdana Menteri (2005). *Rancangan Malaysia Kelapan (2001-2005)*. Diperoleh pada 8 Februari 2008, daripada <http://www.pmo.gov.my>.
- Jigesh, S. (2002). *Introducing Microsoft Web Application Stress Tool* Diperoleh pada 20 April 2004 daripada http://www.bridgeport.edu/sed/projects/cs597/Fall_2002/jishah/web_application_stress.htm.
- Johnson, M. (2000). *Bandwidth and Web-based Multimedia*. Unpublished Notes: Columbia University.
- Johnson, M.J., Maximillian, E.M., Ho, C.W., dan Williams, L. (2007). Incorporating Performance Testing in Test-Driven Development. *IEEE Software Magazine*. Mei-Jun:IEEE.
- Gouthaman, J. (2005). *Calculating the average of response time*. Unpublished Note, Cordys R&D India Pvt Ltd.
- Kelly, T. (2001). Thin Client Web Access Patterns: Measurement from a Cache Busting Proxy. *Proceedings of the 6th International Workshop on Web Caching and Content Distribution*. 20-22 Jun. Boston University, Boston, USA.
- Koletsou, M. dan Voelker, G.M. (2001). The Medusa Proxy: A Tool for Exploring User-Perceived Web Performance. *Proceeding of the Sixth International Workshop on Web Caching and Content Distribution*. 20 – 22 Jun 2001, Boston, Massachusetts, USA.
- Krashakov, S.A., dan Shchur, L.N. (2001). Comparative Measurements of Internet Traffic Using Cache Triangle. *Proceeding of the Sixth International Workshop on Web Caching and Content Distribution*. 20 – 22 Jun 2001, Boston, Massachusetts, USA.

- Krishnamurthy, B., Wills, C. dan Zhang, Y. (2001). On the Use and Performance of Content Distribution Networks. *Proceedings of 1st ACM SIGCOMM Workshop on Internet Measurement*. San Fransisco, CA, USA, pp 169-182: ACM.
- Lee, C.H., Chen, L., Lee, J.D., dan Bae, H.Y. (2003). *Content Adaption and Transmission of Spatial Information for WWW and Mobile Application*. Lecture Notes in Computer Science. Vol 2713. pp. 12-22: Springer.
- Lee, J., Miniscalco, W., Li, M., Shambroom, W.D., dan Buford, J. (2001). Analysis of Web Workloads Using the Bootstrap Methodology. *Proceeding of the Sixth International Workshop on Web Caching and Content Distribution*. 20 – 22 Jun 2001, Boston, Massachusetts, USA.
- Lembo, A.J. (1997). *Internet GIS: CSS 420*. Lecture Notes. Diperoleh pada 12 Mac 2003 daripada <http://www.css.cornell.edu/courses/420/lecture25.ppt>.
- Lewis, W.E. dan Veerapillai, G. (2005). *Software Testing and Continuous Quality Improvement*. First edition. USA: Auerbach.
- Li, W., Yang, C., dan Zhou, B. (2007). *Geospatial Information Retrieval*. In Xiong, B. and Shekehar, S. (Eds). *Encyclopedia of GIS*. Springer-Verlag.
- Liston, R., dan Zegura, E. (2001). Using a Proxy to Measure Client-Side Web Performance. *Proceeding of the Sixth International Workshop on Web Caching and Content Distribution*. 20 – 22 Jun 2001, Boston, Massachusetts, USA.
- Loosley, C. dan Douglas, F. (1998). *High Performance Client/Server*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Lu, X. (2003). A New Approach for Web-GIS Based Collaborative Transportation Planning System Design. *The 8th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design Proceedings*: IEEE.
- Manning, L., Baines, R.N, dan Chadd, S.A. (2007). Quality assurance: a study of the primary poultry producers' perspective. *British Food Journal*. Vol 109 (No.4). 291-304: Emerald Group.
- MapInfo (2001). *MapInfo Product Performance Summary: MapXtreme for Windows v3.0*: MapInfo Corporation.
- Marshall, J. (2004). *Developing Internet-Based GIS Applications*. Diperoleh pada 15 Mac 2004 daripada http://www.01.giscafe.com/technical_papers/Papers/paper058.
- McClave, J.T. dan Sincich, T. (2003). *A First Course in Statistics*. Edisi kelapan. United States of America: Pearson Education, Inc.

- Meier, J.D., Vasireddy, S., Babbar, A., dan Mackman, A. (2004a). *Chapter 16- Testing .NET Application Performance*: Microsoft Corporation.
- Meier, J.D., Vasireddy, S., Babbar, A., Mariani, R. dan Mackman, A. (2004b). *Chapter 15- Measuring .NET Application Performance*: Microsoft Corporation.
- Menasce, D.A. (2002). QoS Issues in Web Service. *IEEE Internet Computing*. Nov-Dec:IEEE.
- Mercury Interactive Corporation (2000). *White Paper: Load Testing to Predict Web Performance*: Mercury.
- Morgan, B. (1997). *Chapter 19: Extending Java using ActiveX*. Diperoleh pada 15 September 2005 daripada. <http://docs.rinet.ru/ZhPP/Ch19.htm>.
- Morsell, A. (2005). *Autodesk Discussion Group: Performance of MapGuide-Questions* : Autodesk.
- Myers. dan Glenford. (1979). *The Art of Software Testing*. John Wiley & Sons.
- Nguyen, H.Q.(2001). *Testing Application on the Web*. Edisi Pertama. United States:John Wiley & Sons.
- Nielson, J. (1997). The Need For Speed. *AlertBox Magazine*. Mac. Isu 1.
- Nielson, J. (2007). *Response Times: The 3 Important Limits*. Diperoleh pada 14 April 2006 daripada <http://www.useit.com/papers/responsetime.html>.
- Nielsen, R. (2000). *Calculating Java Dates*. Diperoleh pada 13 Jun 2005 daripada. <http://www.javaworld.com/jw-12-2000/jw-1229-dates.html>.
- Niles, R. (2007). *Standard Deviation*. Diperoleh pada 14 Jun 2006 daripada. <http://www.robertniles.com/stats/stdev.shtml>.
- Northrop, L.(2003). *Software Architecture and Product Quality*. Unpublished note, Software Engineering Institute,Carnegie Mellon University.
- Paixao, G.T., Jr, W.M., Almeida, V.A.F, Menasce, D.A. dan Pereira, M.A. (2000). Design and Implementation of a Tool for Measuring the Performance of Complex E-commerce Sites. *Computer Performance Evaluation Modeling Techniques and Tools*. Vol.1786. 309-323: Springer Berlin/Heidelberg.
- Peng, Z.R. dan Tsou, M.H. (2003). *Internet GIS: Distributed Geographic Information Services For The Internet And The Wireless Network*. Edisi 1. United States:John Wiley & Sons.

- Savoia, A. (2000). The Science and Art of Web Site Load Testing. *International Conference on Software Testing Analysis & Review*. May 1-5. Orlando, Florida, USA.
- Savoia, A. (2001a). Web Load Test Planning: Predicting How Your Website will Respond to Stress. *STQE Magazine*. Vol.3 (Isu 2). Mar/Apr 2001.
- Savoia, A. (2001b). Web Page Response Time 101: Understanding and Measuring Performance Test Result. *STQE Magazine*. Vol.3(Isu 4). Jul/Aug.
- Scott. (2004). *Autodesk Discussion Group:GIS Intranet Portal- Improving Performance*: Autodesk.
- Senicka, C. (2006). *Modems: A Short Discussion of Why a 56Kbps Modem does Not do 56 Kbps*. Diperoleh pada 13 Jun 2006 daripada <http://help.isu.edu/index.php?action=knowledgebase&catid=25&subcatid=27&docid=190>.
- Shen, G. (2000). Web GIS Tools for Online Spatial Data Exploration and Analysis in Business. *WebNet Journal*. Vol.2 (No.3).
- Shuxin, Yuan. dan Tao, C.Vincent. (2000). Development of a GIS Service Model in Support of Online Geoprocessing. *GITA 2000 : GISDevelopment*.
- Stankovic, N. (2006). Patterns and Tools for Performance Testing. *IEEE International Conference on Electro/information Technology*. 7 – 10 Mei 2006, p 152 - 157.
- StatSoft, Inc. (2003). *Electronic Textbook StatSoft: Glossary*. Diperolehi pada 15 Jun 2005 daripada <http://www.statsoft.com/textbook/gloso.html>.
- Subraya, B.M. dan Subrahmanya, S.V. (2000). Object Driven Performance Testing of Web Application. *Proceeding of 1st Asia Pacific Conference on Quality Software*. 30-31 Oktober 2000: IEEE, 17-26.
- Subraya, B.M., Subrahmanya, S.V., Suresh, J.K., dan Ravi, C. (2001). PePPER: A New Model to Bridge the Gap between User and Designer Perceptions. *25th Annual International Computer Software and Application Conference*. Chicago,IL,USA:IEEE. 483-488.
- Sympatico-Lycos Inc. (2001). *Modem Speed Explain*. Diperoleh pada 13 Jun 2005 daripada <http://www.aibn.com/help/FAQ/modemspeed.html>.

- Taib, A.K. (2007). Technology Trends in Geoinformation. *6th Annual International Conference and Exhibition on Geographical Information Technology and Application*. 14-16 Ogos. Kuala Lumpur Convention Centre: Map Asia 2007.
- Tamres,L. (2002). *Introducing Software Testing*. Edisi Pertama. Great Britain: Addison-Wesley.
- Tripathy, G.K. (2002). Web-GIS based Urban Planning and Information System for Municipal Corporations-A Distributed and Real-Time System for Public Utility and Town Planning. *Map India 2002 : GISDevelopment*.
- Tu, S., He, X.,Li, X. dan Ratcliff, J.J. (2001). A Systematic Approach to Reduction of User Perceived Response Time for GIS Web Services. *Proceeding of the 9th ACM International Symposium on Advances in Geographic Information System*. 9-10 Nov. 47-52.
- Turlington, S.R. (1996). *Exploring ActiveX*. First Edition. USA:Ventana.
- Utting, M. dan Legeard, B. (2007). *Practical Model Based Testing*. Edisi Pertama. United States:Morgan Kaufmann.
- Wang, G., Chen, A., Wang, C., Fung, C. dan Uczekaj, S. (2004). Integrated Quality of Service (QoS) Management in Service Oriented Enterprise Architecture. *Proceedings of the 8th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference: IEEE*.
- Whittaker, J.A. (2000). What is Software Testing? And Why is it so Hard?. *IEEE Trans. Software Engineering*. Isu Jan/Feb: IEEE.
- Williamson, C., Simmonds, R. dan Arlitt, M. (2002). A Case Study of Web Server Benchmarking using parallel WAN Emulation. *An International Journal of Performance Evaluation*. Vol. 49. 111-127: Elsevier.
- Wood, F.B., Siegel, E.R., LaCroix, E.M., Lyon, B.J., Benson, D.A., Cid, V., dan Fariss, S. (2003). A Practical Approach to E-Government Web Evaluation. *IT Pro Magazine*. Mei-Jun : IEEE.
- Xu, Z. dan Lee, Y.C. (2002). Network enabling GIS: Issues,Models and Review. *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*. 9 – 12 July 2002, Ottawa, Canada.
- Yang, C.P., Cao, Y. dan Evans, J. (2007a). WMS Performance and Client Design Principles. *Journal of Geographic Information Science & Remote Sensing*. Vol.44(No.4). pp 320-333.

- Yang, C.P., Cao, Y., Evans, J., Kafatos, M. dan Bambacus, M. (2006). Spatial Web Portal for Building Spatial Data Infrastructure. *International Journal of Geographic Information Sciences*. Vol.12 (No.1). 38-43.
- Yang, C.P., and Evans, J. (2007). *Network GIS Performance*. In Xiong,B. dan Shekehar,S. (Eds), *Encyclopedia of GIS*, Springer-Verlag.787-790. .
- Yang, C.P., Evans, J., Cole, M., Marley, S., Alameh, N., dan Bambacus, M. (2007b). The Emerging Concepts and Applications of the Spatial Web Portal. *Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol.73 (No.6). pp 691-698.
- Yang, C.P., Kafatos, M., Wong, D. dan Yang, R. (2003). PG: A High Performance Web GIS Prototype. *Conference of Next Generation Geospatial Information (NG21)*. 19-21 Oktober. Massachusetts, USA.
- Yang, C.P. dan Tao, C.V. (2006). *Distributed Geospatial Information Services*. In Rana,S. dan Sharma,J. (Eds). *Frontiers of Geographic Information Technology*. (pp. 103-120): Springer.
- Yang, C.P., Wong, D.W., dan Li, B. (2005b). Introduction to Computing and Computational Issues of Distributed GIS. *International Journal of Geographic Information Science*. Vol 11(No1). June.
- Yang, C.P, Wong, D.W., Yang, R., Kafatos, M. dan Li, Q. (2005a). Performance Improving Techniques in Web-based GIS. *International Journal of Geographical Information Science*. Vol.19 (No.3). Mac. 319-342.
- Zephyr Development Corporation. (2007). *ActiveX PASSPORT an Ideal Replacement for Java-based IBM Host on Demand*. Diperoleh pada 13 April 2007 daripada <http://www.zephyrcorp./ibm-host-on-demand.htm>.
- Zhu, H. dan Yang, C.P. (2007). *Data Compression in Network GIS*. In Xiong,B. dan Shekehar,S. (Eds), *Encyclopedia of GIS* :Springer-Verlag.
- Zhu, Y., Yang, C.P., dan Wong, D.W. (2005). A Distributed GIS for Managing Shanghai Landscape Resources. *Journal of Geographic Information Sciences*. Volume 11(1), pp. 29 – 39.