

PEMBANGUNAN PERISIAN BAGI PEROLEHAN DATA
CERAPAN DARI ROBOTIC TOTAL STATION (LEICA TCA)
SECARA MASA HAKIKI

MOHD AZWAN BIN ABBAS

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

Fakulti Kejuruteraan & Sains Geoinformasi
Universiti Teknologi Malaysia

OKTOBER 2006

ABSTRAK

Ukur industri merupakan salah satu disiplin bagi kerja ukur kejuruteraan yang memerlukan tahap kejituan yang tinggi dan kerja-kerja pemprosesan dilakukan pada masa hakiki. Bagi memenuhi keperluan kerja ukur industri, kajian ini telah membina sebuah perisian yang mampu untuk menerima data dari alat *robotic total station* (RTS) TCA2003 secara masa hakiki. Perisian yang dikenali sebagai RETIME (REal TIME) ini telah dibina menggunakan bahasa pengaturcaraan Microsoft Visual Basic V6.0. Perisian RETIME ini mempunyai tiga modul utama iaitu komunikasi data dengan alat RTS TCA2003, hitungan data mentah bagi menghasilkan koordinat tiga dimensi, dan penukaran format data dari perisian RETIME kepada perisian STAR*NET. Perisian komersial STAR*NET telah digunakan di dalam kajian ini bagi menghasilkan data terlaras selepas proses cerapan selesai dilakukan. Dalam kajian ini, terdapat lima analisis perbandingan yang telah dilaksanakan. Hasil daripada analisis pertama menunjukkan RETIME mampu untuk menerima bacaan sebenar daripada RTS TCA2003 dengan nilai sisihan piawai sudut ufuk ($0.8''$), zenit ($0.8''$) dan jarak (sub mm) yang lebih kecil berbanding APSWin V1.42. Analisis kedua pula telah menggunakan analisis pelarasan kuasa dua terkecil (PKDT) untuk menguji data cerapan RETIME. Menggunakan nilai sisihan piawai $1.5''$ bagi sudut dan 1.1mm bagi jarak, analisis PKDT telah lulus ujian khi-kuasa dua pada tahap keertian lima peratus (0.05). Hasil perbandingan hitungan dengan bahasa pengaturcaraan lain, analisis ketiga telah membuktikan kemampuan Microsoft Visual Basic V6.0 untuk melaksanakan proses hitungan bagi kajian ini. Analisis keempat yang menggunakan bacaan cerapan APSWinV1.42 sebagai rujukan telah membuktikan RETIME mampu untuk mengesan pergerakan objek sasaran. Bagi analisis kelima, cerapan yang dilakukan menggunakan alat RTS TCA1102 dan RTS TCA1103 telah membuktikan kemampuan RETIME untuk menerima data dari kesemua jenis alat RTS model TCA. Hasil keseluruhan analisis perbandingan menunjukkan bahawa RETIME sesuai digunakan untuk tujuan kerja ukur industri.

ABSTRACT

Industrial survey is one of a discipline in engineering survey that requires the highest accuracies and real time data processing. Consequently, this research concentrates on the development of a software that can receives data from robotic total station (RTS) TCA2003 in real time. This software is called RETIME (REal TIME) and was developed using Microsoft Visual Basic V6.0. RETIME software consists of the three core modules i.e. data communication with RTS TCA2003, calculation of raw data to produce 3D coordinates, and conversion of data from RETIME format into STAR*NET format. STAR*NET commercial software has been used in this research to provide adjusted data after observation is done. In this research, five comparison analyses were performed. The result from the first analysis shows the capability of RETIME to receive true data from RTS TCA2003 with the standard deviations of horizontal angle ($0.753''$), zenith ($0.816''$) and distance (sub mm) smaller than APSWin V1.42. Least square estimation (LSE) analysis was used in the second analysis to evaluate RETIME data observation. The use of standard deviation values, which are $1.5''$ for angle and 1.1mm for distance, resulted in LSE analysis passing chi square test with five percent (0.05) significance level. Results from calculation comparison with other programming languages in the third analysis shows Microsoft Visual Basic V6.0 is capable of doing calculation for this research. The fourth analysis which used APSWin V1.42 data observation as reference proved the ability of RETIME to identify target movement. For the fifth analysis, observations were done using RTS TCA1102 and TCA1103 which proved the ability of RETIME to receive data from all RTS TCA series. Results from the entire analyses show that RETIME is suitable for industrial survey purposes.

SENARAI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGAKUAN	ii
	HALAMAN DEDIKASI	iii
	HALAMAN PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	HALAMAN KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xiii
	SENARAI SIMBOL	xvi
	SENARAI ISTILAH	xviii
	SENARAI LAMPIRAN	xx
1	Pengenalan	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Penyataan Masalah	3
	1.3 Objektif Kajian	5
	1.4 Skop Kajian	5
	1.5 Kepentingan Kajian	6
	1.6 Peralatan Yang Digunakan	7
	1.7 Metodologi Kajian	8
	1.8 Aliran Bab Dan Kajian	10

KAJIAN LITERATUR

2.1	Pengenalan	11
2.1.1	Kaedah Konvensional	12
2.1.2	Kaedah Geodetik	13
2.1.3	Pengukuran Berasaskan Visual	16
2.2	Instrumentasi	18
2.3	Komunikasi Data	23
2.3.1	Jenis Penghantaran	24
2.3.1.1	Penghantaran <i>synchronous</i>	24
2.3.1.2	Penghantaran <i>asynchronous</i>	25
2.3.1.3	Penghantaran <i>isochronous</i>	26
2.3.2	Mod Penghantaran	26
2.3.2.1	Penghantaran <i>simplex</i>	27
2.3.2.2	Penghantaran <i>half-duplex</i>	27
2.3.2.3	Penghantaran <i>full-duplex</i>	28
2.3.3	Protokol	29
2.4	Bit dan Bait	30
2.5	Kod Komunikasi Data	31
2.5.1	Kod ASCII	31
2.5.2	Kod EBCDIC	33
2.6	Penghantaran Data	35
2.6.1	Penghantaran Selari	35
2.6.2	Penghantaran Bersiri	36
2.6.3	<i>Universal Serial Bus</i>	39
2.7	Perisian dan Sistem Sedia Ada	39
2.7.1	APSWin	40
2.7.2	GeoMOS	42
2.7.3	DIMONS	43
2.7.4	Sistem Teodolit Elektronik	46
2.7.5	ALERT	49
2.7.6	Axyz	50
2.7.7	DREAMS	53

	2.7.8	Kajian Deformasi Terhadap Bangunan Tinggi Menggunakan RTK-GPS	55
	2.8	Rumusan	57
3		PROTOKOL GEOCOM	
	3.1	Pengenalan	59
	3.2	Kepentingan Protokol GeoCOM	63
	3.3	Prinsip Operasi GeoCOM	65
	3.3.1	Protokol GeoCOM (Tahap Rendah)	67
	3.3.2	Protokol GeoCOM (Tahap Tinggi)	69
	3.6	Rumusan	72
4		METODOLOGI	
	4.1	Pengenalan	73
	4.2	Metodologi Pembangunan Perisian	74
	4.2.1	Komunikasi Data (Modul 1)	75
	4.2.2	Hitungan (Modul 2)	80
	4.2.2.1	Penukaran Nilai Sudut Dari Unit Radian Kepada Unit Darjah, Minit Dan Saat	81
	4.2.2.2	Pemindahan Ketinggian	82
	4.2.2.3	Koordinat	86
	4.2.3	Penukaran Format (Modul 3)	89
	4.2.3.1	Analisis Pelarasan Kuasa Dua Terkecil	93
	4.2.3.2	Prosedur Penukaran Format Data	96
	4.2.4	Perisian RETIME	98
	4.3	Metodologi Analisis	102
	4.3.1	Perbandingan Data Cerapan RETIME dan APSWin V1.42	103
	4.3.2	Perbandingan Data Cerapan dan Terlaras	104
	4.3.2.1	Prosedur Cerapan	105
	4.3.2.2	Prosedur Hitungan	107
	4.3.3	Perbandingan Data dari Perisian Hitungan	115

4.3.4	Perbandingan Data Cerapan Kesasaran Dinamik	116
4.3.5	Perbandingan Data Cerapan TCA1102 dan TCA1103	119
4.4	Rumusan	122
5	HASIL DAN PERBINCANGAN	
5.1	Pengenalan	123
5.2	Perbandingan Data Cerapan RETIME dan APSWin V1.42	124
5.3	Perbandingan Data Cerapan dan Terlaras	129
5.4	Perbandingan Data dari Perisian Hitungan	134
5.5	Perbandingan Data Cerapan Kesasaran Dinamik	138
5.6	Perbandingan Data Cerapan TCA1102 dan TCA1103	142
5.7	Rumusan	144
6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
6.1	Pengenalan	146
6.2	Kesimpulan	146
6.2.1	Masalah Kajian	147
6.2.2	Prosedur Komunikasi Data	148
6.2.3	Pembinaan Perisian Retime	148
6.2.4	Kemampuan Perisian Retime	149
6.2.5	Keputusan Analisis	149
6.3	Cadangan Masa Hadapan	151
6.4	Rumusan	152
	RUJUKAN	153
	Lampiran A – G	160 - 202

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	PERKARA	MUKA SURAT
2.1	Fungsi bagi setiap model alat yang menggunakan sistem TPS1000	21
2.2	Spesifikasi alat <i>robotic total station</i> model TCA	22
2.3	Nilai gandaan dua bagi penentuan jumlah aksara	30
2.4	Kod ASCII	32
2.5	Aksara kawalan ASCII	32
2.6	Kod EBCDIC	34
3.1	Struktur blok data GSI8	61
3.2	Struktur blok data GSI16	61
3.3	Penerangan susunan data bagi permintaan ASCII	68
3.4	Penerangan susunan data bagi jawapan ASCII	69
4.1	Parameter Komunikasi Bersiri yang digunakan oleh alat <i>robotic total station</i> TCA2003	76
4.2	Nilai beza koordinat bagi setiap sukuan	88
4.3	Data mentah dari alat <i>robotic total station</i> TCA2003	115
5.1	Beza antara bacaan alat <i>robotic total station</i> TCA2003 dan perisian RETIME	124
5.2	Analisis statistik terhadap beza cerapan antara alat <i>robotic total station</i> TCA2003 dan RETIME	125
5.3	Beza antara bacaan perisian APSWin V1.42 dan perisian RETIME	125
5.4	Analisis statistik terhadap beza cerapan antara APSWin V1.42 dan RETIME	126

5.5	Beza antara bacaan alat <i>robotic total station</i> TCA2003 dan perisian APSWin V1.42	127
5.6	Analisis statistik terhadap beza cerapan antara alat <i>robotic total station</i> TCA2003 dan perisian APSWin V1.42	128
5.7	Koordinat terlaras hasil daripada analisis PKDT	131
5.8	Sisihan piawai bagi koordinat setiap stesen	131
5.9	Sudut terlaras hasil daripada analisis PKDT	131
5.10	Jarak terlaras hasil daripada analisis PKDT.	132
5.11	Perbezaan data yang dihitung menggunakan bahasa pengaturcaraan Microsoft Visual Basic V6.0 dan Microsoft Visual C++ V6.0	134
5.12	Perbezaan data yang dihitung menggunakan bahasa pengaturcaraan Microsoft Visual Basic V6.0 dan MATLAB V6.1	135
5.13	Perbezaan data yang dihitung menggunakan bahasa pengaturcaraan Microsoft Visual Basic V6.0 dan Fortran Power Station V4.0	136
5.14	Analisis statistik terhadap beza data hitungan yang dihitung menggunakan Microsoft Visual Basic V6.0 dan Microsoft Visual C++ V6.0	137
5.15	Analisis statistik terhadap beza data hitungan yang dihitung menggunakan Microsoft Visual Basic V6.0 dan MATLAB V6.1	137
5.16	Analisis statistik terhadap beza data hitungan yang dihitung menggunakan Microsoft Visual Basic V6.0 dan Fortran Power Station V4.0	137
5.17	Perbandingan antara maklumat (pergerakan prisma 3 dan 5) yang diperoleh daripada perisian Retime dan APSWin V1.42	141

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	PERKARA	MUKA SURAT
1.1	Carta alir metodologi penyelidikan	8
2.1	<i>Tilting level</i>	13
2.2	<i>Alignment telescope</i>	13
2.3	Teknik persilangan di dalam kerja ukur	14
2.4	Teodolit elektronik model TM5100A	14
2.5	RTS model TCA2003	15
2.6	SR20 GPS <i>Receiver</i>	16
2.7	Kamera terrestrial model Wild P32	16
2.8	Kamera digital model DC 50	17
2.9	Kamera INCA	17
2.10	Penetapan sasaran menggunakan fungsi ATR	20
2.11	Proses jejukan yang dilakukan oleh fungsi ATR bagi alat <i>robotic total station</i> TCA2003	20
2.12	Elemen asas sistem komunikasi	23
2.13	Penghantaran <i>synchronous</i>	25
2.14	Penghantaran <i>asynchronous</i> .	25
2.15	Penghantaran <i>isochronous</i>	26
2.16	Penghantaran <i>simplex</i>	27
2.17	Penghantaran <i>half-duplex</i>	28
2.18	Penghantaran <i>full-duplex</i>	28
2.19	<i>Port</i> penghantaran data	35
2.20	Paparan utama perisian APSWin Standard	41
2.21	Peralatan yang boleh diproses menggunakan perisian GeoMos	42
2.22	Stesen cerapan di Diamond Valley Lake	45

2.23	Proses penghantaran dan pemprosesan data di Diamond Valley Lake	46
2.24	Carta alir perisian bagi sistem teodolit elektronik	47
2.25	Contoh elemen geometri yang boleh dihitung menggunakan perisian Axyz	51
2.26	Contoh penggunaan pelbagai sistem koordinat	52
2.27	Paparan antaramuka modul Axyz PAM	53
2.28	Prosedur pemprosesan data sistem DREAMS	54
2.29	Alat penerima GPS yang dipasang pada jambatan Haseltal	55
2.30	Teknik pengukuran RTK-GPS	56
2.31	Kedudukan bangunan Sarawak Business Tower	57
3.1	Fungsi-fungsi protokol GeoCOM	63
3.2	Data ASCII dari penerima GPS	64
3.3	Data ASCII dari alat <i>robotic total station</i> TCA2003	64
3.4	Proses komunikasi yang digunakan oleh protokol GeoCOM	66
3.5	Kod program bagi aplikasi GeoCOM	71
4.1	Kod program bagi cerapan jarak dan penggunaan fungsi 'Timer' bagi membaca data selepas cerapan dilakukan	78
4.2	Carta alir proses pembinaan program bagi modul komunikasi data	79
4.3	Kod program bagi menukarkan nilai sudut dalam unit darjah kepada unit darjah, minit dan saat	82
4.4	Hitungan bagi mendapatkan nilai beza tinggi	83
4.5	Prosedur pemindahan koordinat X dan Y	87
4.6	Proses hitungan yang dilakukan oleh modul kedua	88
4.7 (a)	Format susunan STAR*NET yang memerlukan data jarak cerun dan zenit	92
4.7 (b)	Format susunan STAR*NET yang memerlukan data jarak ufuk dan beza tinggi	92
4.8	Format susunan data perisian RETIME	96
4.9	Prosedur penukaran format yang digunakan oleh modul ketiga	97
4.10	Proses kerja perisian RETIME	99
4.11	Maklumat data yang dimasukkan dan hasilnya bagi setiap modul perisian RETIME	101

4.12	Stesen-stesen yang terlibat semasa proses cerapan dilakukan bagi analisis perbandingan data cerapan RETIME dan APSWin V1.42 (tanpa skala)	103
4.13	Kaedah cerapan triangulasi	105
4.14	Kaedah cerapan trilaterasi	106
4.15	Kaedah cerapan gabungan triangulasi dan trilaterasi	107
4.16	Hubungan antara sudut dan azimut	108
4.17	Jarak antara dua titik (i dan j)	110
4.18	Kawasan cerapan di kawasan tempat letak kenderaan Fakulti Elektrik, Universiti Teknologi Malaysia	113
4.19	Jaringan cerapan triangulasi dan trilaterasi (tanpa skala)	114
4.20	Antara prisma yang diletakkan pada bangunan B08	117
4.21	Stesen cerapan yang didirikan di bangunan C03	118
4.22	Jaringan cerapan bagi analisis cerapan sebenar (tanpa skala)	119
4.23 (a)	Alat <i>robotic total station</i> TCA1102	120
4.23 (b)	Alat <i>robotic total station</i> TCA1103	120
4.24	Jaringan cerapan di makmal <i>Survey Engineering Research Group</i> (tanpa skala)	121
5.1	Data sudut dan jarak bagi analisis data cerapan	129
5.2	Maklumat hasil pelarasan menggunakan perisian STAR*NET	130
5.3	Jaringan cerapan dan selisih ellips yang dihasilkan oleh perisian STAR*NET	133
5.4	Graf beza cerapan (sasaran pada prisma 3) setiap epok bagi perisian APSWin dan RETIME a) Paksi X b) Paksi Y c) Paksi Z	139
5.5	Graf beza cerapan (sasaran pada prisma 5) setiap epok bagi perisian APSWin dan RETIME a) Paksi X b) Paksi Y c) Paksi Z	140
5.6	Data cerapan menggunakan alat TCA1102	142
5.7	Data cerapan menggunakan alat TCA1103	142
5.8	Maklumat hasil analisis PKDT bagi data cerapan (a) alat TCA1102 (b) alat TCA1103	143
5.9	Koordinat terlaras bagi data cerapan alat TCA1102	143
5.10	Koordinat terlaras bagi data cerapan alat TCA1103	144

SENARAI SIMBOL

A	-	Matrik rekabentuk.
ATR	-	<i>Automatic target recognition.</i>
CAD		<i>Computer-aided design.</i>
cm	-	Sentimeter.
DLL	-	<i>Dynamic link library.</i>
dms	-	Darjah, minit dan saat.
EDM	-	<i>Electronic distance measurement</i>
EGL	-	<i>Electronic guide laser.</i>
F	-	Fungsi.
G.S.I.	-	<i>Geo Serial Interface.</i>
GeoCOM	-	Protokol yang dibina berdasarkan <i>Remote Procedure Call.</i>
GPS	-	<i>Global Positioning System.</i>
km	-	Kilometer.
\hat{L}^a	-	Cerapan terlaras.
L^b	-	Nilai cerapan.
L^a	-	Nilai sebenar kuantiti yang dicerap.
m	-	Meter.
mm	-	Milimeter.
Mbps		Mega bait per saat.
n	-	Bilangan cerapan.
P	-	Pemberat.
PKDT	-	Pelarasan kuasa dua terkecil.
ppm	-	<i>Part per million.</i>
r	-	Darjah kebebasan ($n - u$).
RPC	-	<i>Remote Procedure Call.</i>

RTS	-	<i>Robotic total station.</i>
SCI	-	<i>Serial communication interface.</i>
u	-	Bilangan parameter.
USB	-	<i>Universal serial bus.</i>
UTM	-	Universiti Teknologi Malaysia.
V	-	Reja.
X	-	Koordinat paksi X.
X^0	-	Parameter anggaran.
\hat{X}^a	-	Parameter terlaras.
\hat{X}	-	Vektor pembetulan.
Y	-	Koordinat paksi Y.
Z	-	Ketinggian.
χ^2	-	Ujian khi-kuasa dua.
$\hat{\sigma}_0^2$	-	Varians a posteriori.
σ_0^2	-	Varians a priori.
π	-	Phi.

SENARAI ISTILAH

BAHASA MELAYU

BAHASA INGGERIS

Bersiri	Serial.
Binari	Binary.
Bit mula	Start bit.
Bit henti	Stop bit.
Dupleks penuh	Full-duplex.
Dupleks separuh	Half-duplex.
Jejakan automatik	Automatic tracking.
Jitu	Precise.
Liang.	Port.
Masa hakiki	Real time.
Pembesaran	Magnification.
Pengesan selisih	Parity.
Penghantaran segerak	Synchronous.
Penghantaran tak segerak	Asynchronous.
Pengukur jarak elektronik	Electronic distance measurement.
Pengukuran banyak teodolit	Multi theodolite measurement.
Pengukuran data bit yang dihantar	Data bits.
Pengukuran kelajuan komunikasi	Baud rate.
Pengukuran satu teodolit	Single theodolite measurement.
Peralatan optik	Optical tooling.
Petunjuk berakhirnya komunikasi	Stop bits.
Piawai	Standard.
Selari	Parallel.
Sifat bermotor	Motorized.

Simpleks

Sistem bekerja seorang

Sistem penentududukan sejagat

Sistem polar

Simplex.

One man system.

Global Positioning System.

Polar system.

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	PERKARA	MUKA SURAT
A	Penukaran Nilai Port Pada Komputer	160
B	Penggunaan Perisian STAR*NET (Aplikasi Bagi Data Dari Perisian RETIME)	164
C	Prosedur Penggunaan Perisian RETIME	169
D	Maklumat Yang Dihasilkan Oleh Setiap Modul Perisian RETIME	185
E	Prosedur Penggunaan Perisian APSWin V1.42	186
F	Maklumat Analisis Data Cerapan	195
G	Maklumat Bagi Analisis Cerapan Sebenar	200

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Ukur tanah secara umumnya didefinisikan sebagai satu seni dan sains pengukuran untuk menentukan kedudukan relatif sesuatu objek di atas permukaan bumi serta mempersembahkannya dalam bentuk yang diminta pengguna (Anderson & Mikhail, 1998). Penentududukan telah menjadi satu keperluan dan ia menyebabkan ukur tanah telah berkembang dan mewujudkan beberapa sub-disiplin seperti ukur kejuruteraan, ukur kadaster, ukur topografi, ukur hidrografi dan sebagainya. Kesemua sub-disiplin ini dapat dibezakan dari segi berikut:

1. Pemakaian dan tujuan;
2. Prosedur kerja;
3. Instrumen yang digunapakai; dan
4. Hasil atau rekod kerja yang diperoleh.

Bermula pada era 80-an, ukur kejuruteraan telah semakin berkembang disebabkan oleh beberapa faktor seperti perkembangan teknologi komputer, peralatan dan keperluan industri yang semakin meningkat. Justeru, telah wujud sub-bidang baru yang dikenali sebagai ukur industri yang mempunyai beberapa ciri penting seperti berikut (Wilkins, 1989):

1. Melibatkan analisis berbentuk khusus;
2. Penggunaan pelbagai kaedah atau prosedur kerja;
3. Memerlukan pengukuran berkejituan tinggi;
4. Menggunakan alat yang khusus;
5. Pemprosesan masa hakiki; dan
6. Melibatkan pengiraan yang rumit.

Kerja ukur industri merupakan sub-disiplin ukur kejuruteraan yang memerlukan tahap kejituan yang tinggi (Wilkins, 1989). Berbanding teknik pengukuran konvensional yang menggunakan rantai, teodolit optik, buku kerja luar, kalkulator dan juru surih, kini kaedah tersebut sudah tidak lagi praktikal dalam aplikasi kerja sebenar terutama kerja ukur industri. Revolusi teknologi telah mewujudkan kaedah automasi yang mengutamakan peralatan elektronik, perisian, komputer, pencetak dan pemelot. *Total station* atau dipanggil juga sebagai Stesen Penuh merupakan instrumen ukur yang terbentuk hasil daripada revolusi teknologi. Ia dipanggil sebagai *total station* kerana kemampuannya untuk melaksanakan semua operasi dalam satu unit, sebagai contoh ia mengandungi teodolit elektronik, unit pengukuran jarak elektronik, pengutip data dan komputer-mikro (Zulkarnaini, 2002).

Selain daripada itu, *total station* juga mampu untuk memberikan tahap kejituan yang diperlukan di dalam kerja ukur industri. Ini terbukti apabila pengawasan deformasi empangan Diamond Valley Lake di California dibuat menggunakan *robotic total station* dengan bantuan perisian DIMONS bagi tujuan perolehan dan pemprosesan data secara hakiki (Duffy *et al.*, 2001). Di University Calgary, ujian perbandingan telah dibuat di antara alat *robotic total station* dan *Global Positioning System* (GPS), hasil yang diperolehi menunjukkan bahawa alat *robotic total station* mampu untuk memberi kejituan yang lebih tinggi (0.5 mm) berbanding alat GPS (2 mm) bagi kaedah pengukuran *stop and go* (Radovanovic & Teskey, 2001).

Pemrosesan pada masa-hakiki juga merupakan keperluan di dalam kerja ukur industri, sebagai contoh kerja-kerja yang melibatkan pengawasan deformasi bagi empangan. Bagi tujuan itu, setiap cerapan yang dibuat perlulah diproses pada masa-hakiki dan ini memerlukan komunikasi atau hubungan di antara instrumen dan komputer bagi membenarkan pemindahan data dibuat semasa proses cerapan dilaksanakan. Setiap instrumen ukur mempunyai formatnya yang tersendiri, sebagai contoh alat Leica menggunakan format *Geo Serial Interface* (G.S.I.) dan GeoCOM bagi pemindahan data dari instrumen ke komputer. Untuk tujuan pemindahan data secara masa-hakiki, format atau protokol instrumen perlulah dikenalpasti terlebih dahulu.

Bagi tujuan pemrosesan data, maklumat-maklumat mengenai data mentah adalah diperlukan. Oleh itu, perisian ini telah menyediakan kesemua jenis data mentah (sudut ufuk, zenit, jarak cerun, jarak ufuk dan beza tinggi) termasuk data koordinat 3 dimensi bagi membenarkan kerja-kerja analisis lanjutan dilaksanakan.

1.2 Penyataan Masalah

Kerja pengukuran merupakan satu bidang yang memerlukan cerapan data dilaksanakan oleh manusia, dan telah menjadi lumrah yang manusia tidak terlepas dari melakukan kesilapan. Sesuai dengan kaedah kerja yang biasa dilaksanakan, sebarang kerja pemrosesan dilakukan setelah kerja-kerja pengukuran selesai dijalankan. Oleh itu, kelalaian dan kecuaiian manusia telah menyebabkan beberapa selisih pada cerapan tidak dapat dikesan semasa proses cerapan sedang dilaksanakan terutamanya selisih kasar. Selisih ini biasanya berpunca daripada pencerap atau pembantu yang lalai semasa melaksanakan kerja pengukuran, kurang kemahiran atau tidak cekap mengendalikan kerja. Antara contoh selisih kasar termasuklah angka yang dibaca atau dicatat tidak betul, salah tanda positif atau negatif, salah unit, salah titik perpuluhan dan sasaran dibuat pada titik yang salah (Kamaluddin & Abd. Majid, 1999). Oleh itu, bagi menyelesaikan masalah ini, cerapan yang membenarkan

perolehan data masa hakiki adalah perlu supaya sebarang semakan ke atas kemasukan data dapat dibuat.

Perisian komersial bagi perolehan data dan seterusnya pemprosesan masa hakiki di Malaysia adalah amat terhad dan kebiasaan harganya agak tinggi dan prosedur penggunaannya juga agak rumit. APSWin V1.42 merupakan contoh perisian masa hakiki komersial yang terdapat di Jabatan Kejuruteraan Geomatik, Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi, Universiti Teknologi Malaysia. Perisian yang dibina oleh syarikat Leica ini sememangnya mudah untuk diguna tetapi ia memerlukan penggunaan *dongle* sebelum pengguna boleh menggunakannya. Penggunaannya menjadi lebih rumit jika *dongle* rosak, hilang dan sebagainya. Kebiasaannya, sebarang instrumen seperti instrumen geoteknik, penerima GPS (*Global Positioning System*) dan sensor meteorologi membenarkan pemindahan data dari instrumen ke komputer dengan mudah tetapi berlainan dengan *total station* atau *robotic total station* yang melibatkan protokol pemindahan data yang agak rumit. Sebagai contoh, instrumen Leica menggunakan protokol GSI dan GeoCOM (**Seksyen 3.1**), di mana ia melibatkan pemindahan data menggunakan kod-kod tertentu bagi proses penghantaran dan penerimaan data.

Kerja ukur industri merupakan kerja ukur yang memerlukan tahap kejituan yang tinggi dan di dalam proses pengawalan sesuatu struktur, pemprosesan dan penilaian data perlu dilaksanakan pada masa hakiki. Oleh yang demikian, sebuah perisian yang membenarkan perolehan data masa hakiki amat diperlukan.

1.3 Objektif Kajian

Terdapat dua objektif utama yang telah digariskan bagi kajian ini, iaitu:

1. Menyediakan prosedur yang membenarkan komunikasi data antara alat *robotic total station* TCA2003 dan komputer; dan
2. Membangunkan perisian yang membenarkan proses penerimaan data dari alat *robotic total station* TCA2003 (RETIME) dan seterusnya membuat penilaian kualiti bacaan yang diterima oleh perisian RETIME.

1.4 Skop Kajian

Kajian ini lebih tertumpu kepada pembinaan program yang membenarkan perolehan data secara hakiki dari alat *robotic total station* model TCA 2003. Untuk mencapai tujuan tersebut, kajian literatur telah dibuat terhadap kajian-kajian yang telah dilaksanakan sebelumnya. Kajian literatur juga telah mengenalpasti konsep penggunaan dan kemampuan alat *robotic total station*, perisian yang bersesuaian dengan kajian yang telah dilaksanakan, model matematik yang terlibat, prosedur kerja ukur industri dan termasuklah metodologi yang membenarkan perolehan data secara masa-hakiki.

Komunikasi data merupakan perkara utama yang perlu difahami bagi menyempurnakan kajian ini. Oleh itu, sebelum pembinaan perisian dibuat prosedur komunikasi data yang melibatkan penggunaan alat *robotic total station* TCA2003 perlu difahami terlebih dahulu. Berdasarkan kajian literatur yang telah dibuat, didapati bahawa komunikasi data yang melibatkan alat *robotic total station* memerlukan pengaturcara memahami protokol yang digunakan oleh alat itu sendiri. Merujuk kajian yang dibuat di dalam tesis Bayly (1991), ia menggunakan protokol *Wild Geo Serial Interface* (GSI) bagi membenarkan komunikasi antara alat teodolit

elektronik model *Wild T2002* dan komputer. Bagi alat *robotic total station TCA2003* yang digunakan di dalam kajian ini, ia mempunyai protokol yang tersendiri iaitu format G.S.I dan GeoCOM yang dicipta khas untuk kegunaan alat Leica yang menggunakan sistem TPS1000 (Leica, 2000). Bagi kajian ini, protokol GeoCOM telah digunapakai berikutan kemampuannya yang membenarkan pengawalan sepenuhnya dilakukan ke atas alat *robotic total station TCA2003*.

Di dalam protokol GeoCOM, terdapat banyak fungsi yang boleh digunakan untuk mengawal alat *robotic total station* model TCA2003 (rujuk **Seksyen 3.1**) tetapi bagi kajian ini hanya empat fungsi sahaja yang digunakan iaitu aplikasi asas (BAP), komunikasi (COM), pengukur jarak elektronik (EDM) dan pengukuran dan pengiraan teodolit (TMC). Fungsi-fungsi yang digunakan ini hanya sesuai untuk menerima data dari alat *robotic total station* model TCA2003.

Bagi tujuan membina perisian RETIME, bahasa pengaturcaraan Microsoft Visual Basic V6.0 telah digunakan. Setelah perisian siap dibina, analisis telah dilaksanakan bagi memastikan data yang diperolehi pada perisian RETIME adalah betul dan sesuai untuk digunakan bagi kerja ukur industri.

1.5 Kepentingan Kajian

Sesuai dengan keperluan ukur industri yang memerlukan tahap kejituan yang tinggi dan tahap pengawalan yang teliti, maka ia memerlukan perolehan data masa hakiki bagi mengesan sebarang selisih yang berlaku semasa proses cerapan dilaksanakan. Kajian ini telah menyumbangkan salah satu prosedur yang membenarkan perolehan data secara hakiki. Dengan format penyusunan data yang mudah difahami, maka sebarang kerja-kerja pemprosesan dapat dilaksanakan dengan lebih mudah. Selain itu, pihak industri juga dapat menggunakan kaedah geomatik di dalam kerja-kerja industri yang melibatkan tahap kejituan yang tinggi serta prosedur yang rumit. Justeru itu, penggunaan teknik ukur dapat dipelbagaikan dan

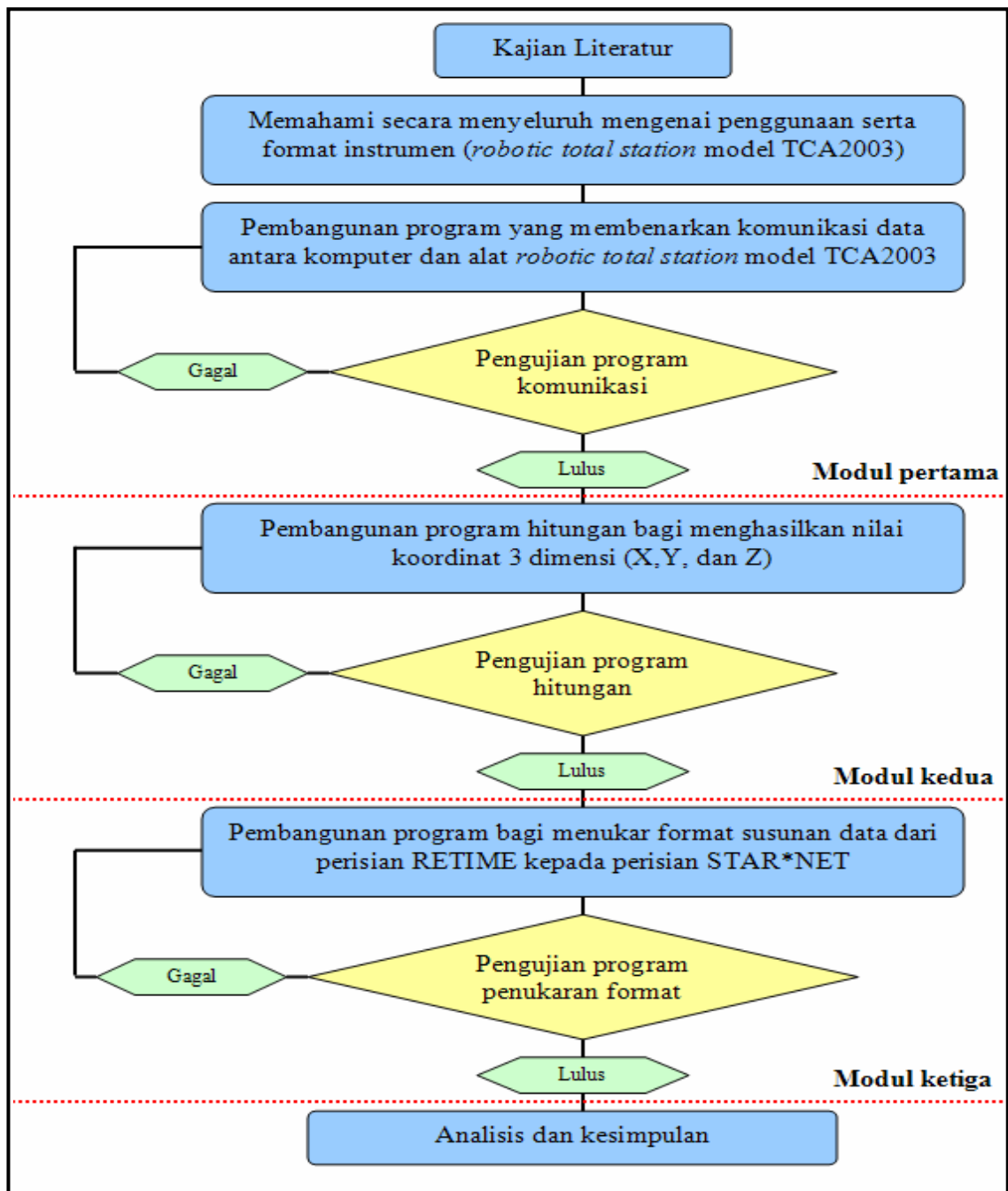
diperkenalkan kepada sektor industri mengenai kemampuannya di dalam kerja ukur industri.

1.6 Peralatan Yang Digunakan

Bagi kajian ini, terdapat tiga jenis alat *robotic total station* keluaran Leica yang digunakan iaitu TCA2003, TCA1102 dan TCA1103. Alat *robotic total station* TCA2003 telah digunakan bagi tujuan pembinaan perisian bagi perolehan data masa hakiki (RETIME), manakala alat *robotic total station* TCA1102 dan TCA1103 pula telah digunakan untuk membuktikan kemampuan perisian RETIME menerima data dari kesemua alat keluaran Leica model TCA. Selain daripada alat cerapan, terdapat juga beberapa perisian yang digunakan di dalam kajian ini iaitu perisian STAR*NET dan APSWin V1.42. Perisian STAR*NET telah digunakan sebagai perisian sokongan bagi perisian RETIME bagi menghasilkan data terlaras. Manakala perisian APSWin V1.42 telah digunakan sebagai semakan untuk menguji kemampuan perisian RETIME menerima data dari alat *robotic total station* model TCA. Bagi membina perisian RETIME, bahasa pengaturcaraan Microsoft Visual Basic V6.0 telah digunakan. Selain daripada bahasa pengaturcaraan Microsoft Visual Basic V6.0, terdapat beberapa bahasa pengaturcaraan lain yang turut digunakan bagi tujuan menguji kemampuan Microsoft Visual Basic V6.0 melakukan proses hitungan. Antara bahasa pengaturcaraan yang digunakan termasuklah Microsoft Visual C++ V6.0, Fortran Power Station V4.0 dan MATLAB V6.1.

1.7 Metodologi Kajian

Lazimnya, prosedur penyelidikan melibatkan beberapa proses kerja seperti kajian literatur, pengutipan data melalui prosedur kerja, pembangunan perisian atau sistem, pemprosesan data dan seterusnya analisis data. Bagi kajian ini, metodologi kerja yang dilakukan adalah seperti yang dipaparkan di dalam **Rajah 1.1**.



Rajah 1.1 Carta alir metodologi penyelidikan

Kajian ini melibatkan pembangunan perisian yang membenarkan komunikasi antara instrumen (*robotic total station* model TCA 2003) dan komputer. Untuk memudahkan proses pembinaan perisian dilakukan, maka ia telah dibahagikan kepada tiga modul. Merujuk kepada **Rajah 1.1**, modul pertama melibatkan pembinaan program bagi membenarkan proses penerimaan data dilakukan dari alat *robotic total station* model TCA 2003. Modul kedua pula berfungsi untuk melakukan proses hitungan bagi menghasilkan koordinat tiga dimensi (X, Y dan Z) secara masa hakiki. Modul yang seterusnya iaitu modul ketiga dibina bagi menukarkan format susunan data daripada format perisian RETIME kepada format perisian STAR*NET. Tujuan modul ketiga ini dibina adalah bagi membenarkan proses analisis pelarasan kuasa dua terkecil dilaksanakan dengan menggunakan perisian STAR*NET.

Modul pertama merupakan modul asas pembinaan perisian RETIME dan kajian telah dilaksanakan terhadap teori atau konsep yang membenarkan penghantaran maklumat dari instrumen ke komputer. Seterusnya jenis format yang digunakan oleh instrumen perlu difahami supaya pemindahan maklumat dapat dilakukan dengan sempurna. Sebagai contoh, alat *robotic total station* model TCA2003 menggunakan protokol GSI dan GeoCOM. Oleh itu, pemahaman terhadap protokol ini perlu dibuat terlebih dahulu bagi membenarkan sebarang komunikasi data.

Analisis dilakukan dengan membuat perbandingan data cerapan dengan perisian APSWin V1.42 bagi mengesahkan maklumat yang diterima oleh perisian RETIME adalah betul dan boleh digunakan. Selain itu, analisis juga dilaksanakan bagi membuktikan kemampuan perisian yang dibina untuk menerima data dari kesemua jenis alat *robotic total station* model TCA keluaran Leica. **Rajah 1.1** menunjukkan carta alir kerja bagi tujuan penyelidikan.

1.8 Aliran Bab Dan Kajian

Tesis yang dihasilkan ini mengandungi tujuh bab, yang mana **Bab 1** merupakan pengenalan kajian manakala **Bab 2** membincangkan mengenai kajian literatur yang berhubungkait dengan kajian yang dilakukan. Di samping itu, **Bab 2** juga menerangkan mengenai instrumen dan konsep-konsep mengenai komunikasi data yang digunakan di dalam kajian,

Bab 3 pula membincangkan mengenai konsep protokol GeoCOM, yang mana protokol ini telah digunakan di dalam proses pembinaan perisian RETIME. Protokol GeoCom merupakan protokol yang digunakan oleh alat *robotic total station* TCA2003 bagi tujuan komunikasi data. Bab ini juga menerangkan bagaimana prosedur pembinaan program boleh dilakukan menggunakan protokol GeoCOM.

Proses pembinaan perisian RETIME dibincangkan di dalam **Bab 4** dan penerangan dibuat mengikut modul-modul yang terdapat di dalam perisian RETIME. Modul-modul tersebut ialah komunikasi data, hitungan dan penukaran format. Di samping itu, **Bab 4** juga menerangkan mengenai metodologi analisis yang dilakukan terhadap perisian RETIME.

Bagi memastikan data yang diterima oleh perisian RETIME adalah betul, maka analisis perlu dilaksanakan. Terdapat lima analisis perbandingan yang telah dibincangkan di dalam **Bab 5** iaitu perbandingan data cerapan RETIME dan APSWin V1.42, perbandingan data cerapan dan terlaras, perbandingan data dari perisian hitungan, perbandingan data cerapan kesasaran dinamik dan perbandingan data cerapan TCA1102 dan TCA1103.

Bab 6 membuat rumusan mengenai keseluruhan kajian yang dibuat. Rumusan yang dibuat adalah berkisarkan kepada perisian yang telah dibina dari segi prosedur komunikasi yang digunakan, proses pembinaan perisian, kemampuan perisian dan keputusan analisis. Selain itu, sebarang kajian lanjutan yang boleh dilakukan, juga telah dinyatakan di dalam **Bab 6**.

RUJUKAN

Abdul Wahid Idris & Halim Setan (1997). *Pelajaran Ukur*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Anderson, J. M. & Mikhail E. M. (1998). *Surveying: Theory and Practice*. Seventh Edition. United States of America. WCB/McGraw-Hill.

Antiquesurveying. Optical Tooling Instruments & Accessories. [Online] Available http://www.antiquesurveying.com/optical_tooling_instruments.htm,
Disember 12, 2004.

Babu, D. S. (1998). *Computer Science*. New Delhi. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.

Bayly, D. A. (1991). *Machinery Alignment Monitoring with An Electronic Theodelite System*. USCE Publication No. 20041. Department of Surveying Engineering, The Calgary University, Calgary, Canada: Ph.D. Thesis.

Deitel, H. M. & Deitel, P. J. (1999). *Visual Basic 6 How To Program*. Upper Saddle River, New Jersey. Prentice Hall, Inc.

Deitel, H. M. & Deitel, P. J. (2001). *C++ How To Program*. Third Edition. Upper Saddle River, New Jersey. Prentice Hall, Inc.

Duffy, M. A., Hill, C., Whitaker, C., Chrzanowski, A., Lutes, J. and Bustin, G. (2001). An Automated and Integrated Monitoring Program For Diamond Valley Lake in California. *Proceeding 10th FIG Symposium on Deformation Measurement*. March 19-22. Orange, California.

Geodimeter (1995). User Manual - Geodimeter System 500. Sixth Edition. EkonomiPrint AB, Sweden.

Godbole, A. S. (2002). *Data Communications and Networks*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.

Green, D. C. (1996). *Data Communication*. Second Edition. Addison Wesley Longman Limited, Edinburgh Gate, Harlow, Essex CM20 2JE, England.

Hein, G. W. & Riedl, B. (2003). Real-Time Monitoring of Highway Bridges Using "DREAMS". *Proceeding 11th FIG Symposium on Deformation Measurements*. Santorini, Greece.

- Held, G. (2002). *Understanding Data Communications*. Seventh Edition. United States of America. Addison Wesley.
- Joyce, E. D. (2006). *Angle Measurement*. Department of Mathematics and Computer Science, Clark University, Worcester.
- Kamaluddin Mohd. Omar & Abd. Majid A. Kadir. (1999). *Pelajaran Ukur 1*. Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi, UTM: Nota Kuliah.
- Kodak. Kodak DC 50 Digital Camera. [Online] Available
<http://shopping.yahoo.com/p:Kodak%20DC%2050%20Digital%20Camera:1990600595>, Desember 12, 2004a.
- Kodak. INCA Camera. [Online] Available
<http://www.geodetic.com/inca2.htm>, Desember 12, 2004b.
- Leica (1998). *APSWin for Windows Version 1.42 Automatic Polar System*. Switzerland: User Manual.
- Leica (1999). *GeoCOM Reference Manual*. Leica Geosystems AG: Application Report.
- Leica (2000). *TPS-System 1000 for Electronic Theodolites And Total Station*. Leica Geosystems AG: Application Report.

Leica (2001a). *TPS1100 Profesional Series*. Leica Geosystems AG, Heerburgg, Switzerland

Leica (2001b). *Surveying Experts: Unique*. Leica Geosystems AG, Heerburgg, Switzerland

Leica (2001c). *Axyz-Practice Report*. Leica Geosystems AG, Unterentfelden, Switzerland.

Leica (2002). *TPS1100 Profesional Series-Technical Data*. Leica Geosystems AG, Heerburgg, Switzerland

Leica. SR20 GPS Receiver. [Online] Available

http://www.leica-geosystems.com/corporate/en/ndef/lgs_4710.htm,

Disember 12, 2004.

Leica (2005). *Leica Industrial Theodolites & Total Stations*. Leica Geosystems AG, Unterentfelden, Switzerland.

Leica (2006). *Axyz-Build and Inspect*. Leica Geosystems AG, Unterentfelden, Switzerland.

- Lutes, J., Chrzanowski, A., Bustin, G. & Whitaker, C. (2001). DIMONS Software For Automatic Data Collection And Automatic Deformation Analysis. *Proceeding 10th FIG Symposium on Deformation Measurement*. March 19-22. Orange, California: 101 – 109.
- McKenzie, A. (2002). *TPS NEWS 2002*. Leica Geosystems AG, CH-9435, Wild-Heerbrugg, Herrbrugg, Switzerland.
- Mohd Aizani Maarof & Abdul Hanan Abdullah (2003). *Komunikasi Data*. Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat, UTM: Universiti Teknologi Malaysia.
- Mueller, M. (1999). *GSI Online for Leica TPS*. Leica Geosystems AG, Heerburgg, Switzerland.
- National Instruments. Serial Communication General Concepts. [Online] Available <http://digital.ni.com/public.nsf/websearch/2ad81b9060162e708625678c006dfc62?OpenDocument>, April 10, 2005.
- Radovanovic, R. S. & Teskey, W. F. (2001). Dynamic Monitoring of Deforming Structure: GPS Versus Robotic Tacheometry System. *Proceeding 10th FIG Symposium on Deformation Measurement*. March 19-22. Orange, California: 61 – 70.

- Ranjit Singh (1999). *Pelarasan Dan Analisis Jaringan Pengawasan Untuk Pengesanan Deformasi Secara Geometri*. Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi, Universiti Teknologi Malaysia: Projek Sarjana.
- Sippel, K. (2001). Modern Monitoring System Software Development. Proceeding 10th FIG Symposium on Deformation Measurements. *Proceeding 10th FIG Symposium on Deformation Measurement*. March 19-22. Orange, California: 88 – 100.
- Starnet V6. (2001). *Reference Manual: Standard and Profesional Editions*. Starplus Software, Inc., CA 94610, Boulevard Way, Oakland.
- TOPCON (1995). *User Manual – Total Station GTS700*. Bloomfield Computing Services Pty Ltd, 408 Victoria Road, Gladesville, NSW, 2111 Australia.
- Wan Aziz, W. A., Zulkarnaini, M. A. & Shu, K. K. (2005). The Deformation Study of High Building Using RTK-GPS: A First Experience in Malaysia. *Proceeding FIG Working Week 2005 and GSDI-8*. Cairo, Egypt.
- Wild. Terrestrial Photogrammetric Camera. [Online] Available <http://www.bath.ac.uk/~absdfda/wells/p32.html>, Mac 13, 2004.
- Wild-Leitz (1988). *Wild Instrument on Line*. Wild-Heerbrugg, Herrbrugg, Switzerland.

- Wilkins, F. J. (1989). *Integration Of A Coordinating System With Conventional Metrology In The Setting Out Of Magnetic Lenses Of A Nuclear Accelerator*. Department of Surveying Engineering Technical Report No. 146, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada: M.Sc.E. Thesis.
- Wilkins, R., Bastin, G. & Chrzanowski, A. (2003). Alert: A Fully Automated Real Time Monitoring System. *Proceeding 11th FIG Symposium on Deformation Measurements*. Santorini, Greece.
- Wolf, P. R. & Ghilani, C. D. (1997). *Adjustment Computations: Statistic and Least Squares in Surveying and GIS*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc., 605 Third Avenue, New York, NY 10158-0012.
- Wolf, P. R. & Ghilani, C. D. (2002). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Tenth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Zulkarnaini Mat Amin. (2002). *Automasi Ukur*. Fakultas Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi, UTM: Nota Kuliah.