

PENGGUNAAN GPS DALAM KERJA-KERJA SEMAKAN GARIS DASAR EDM

HAMZAH BIN HASAN

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

Fakulti Geoinformasi dan Harta Tanah

Universiti Teknologi Malaysia

JANUARI 2015

DEDIKASI

Syukur kehadiran Yang Maha Esa serta Selawat dan Salam pada Junjungan Rasul Muhammad S.A.W kerana telah memberi petunjuk, taufik, hidayah dan kekuatan kepada saya.

Yang terlalu istimewa...

Isteri tercinta,

Zurainey Binti Misni

Yang sentiasa memahami, memberi sokongan dan semangat yang tidak putus-putus. Segala pengorbananmu tidak ternilai dan terbalas hingga keujung nyawaku.

Buat ayahanda dan bonda yang dikasihi

Hasan Bin Md. Amin dan Lizah Md. Dali

Segala pengorbananmu membesarkanku sehingga aku menjadi insan seperti hari ini tidak akan terbalas hingga akhir hayatku.

Buat anak-anakku

Haziq, Nurin, Irfan dan Harraz

Semoga kejayaan ini akan menjadi pendorang dan pembakar semangatmu

Buat mertua, adik-beradikku dan ipar-duaiku, semoga kejayaanku ini dapat diraikan bersama

PENGHARGAAN



Dengan nama Allah S.W.T, tuhan yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang, saya ingin melahirkan rasa syukur yang tidak terhingga kerana dengan izinNya dan kurnianNya saya dapat menyiapkan tesis sarjana yang bertajuk bertajuk “ Penggunaan GPS Dalam Kerja-Kerja Semakan Garis Dasar EDM”.

Sehubungan itu, saya ingin merakamkan ucapan jutaan terima kasih khusus kepada penyelia tesis, En. Shahrudin bin Md. Said di atas segala tunjuk ajar dan nasihat yang telah beliau berikan. Kepada ahli panel, Dr.Zulkarnaini bin Md. Amin dan Dr. Mohd Farid bin Mohd Arif, ribuan terima kasih diatas teguran bagi memantapkan lagi kajian ini.

Dikeempatan ini juga, saya ingin merakamkan ucapan jutaan terima kasih kepada Fazli, Tok Li, Rosman, Mazlan, Osman, Hisham, Sukeri, Ramlah, Talib , Jija, Izati, Jonathan, Amalina, Syarifah, Syamsul, Rahimi, Jon dan Zainon serta abah, emak, isteri, anak-anak, adik beradik dan ipar duai di atas bantuan, doa dan dorongan kalian bagi menjayakan kajian ini.

Hanya Allah S.W.T saja yang dapat membalas jasa serta sumbangan kalian. Insyallah.

Amin.

ABSTRAK

Di Semenanjung Malaysia dan Wilayah Persekutuan Labuan, sehingga tahun 2002 terdapat sejumlah 31 tapak ujian EDM telah dibina. Semua tapak ujian EDM ini akan ditentukan secara berkala dengan menggunakan alat piawai JUPEM yang telah pun terlebih dahulu ditentukan di tapak ujian di Ashford Middlesex, United Kingdom dan diluluskan oleh SIIRIM. Kini, seiring dengan perubahan metodologi ukur yang amat pesat sekali, peralatan teknologi tinggi seperti Sistem Penentuan Lokasi Sejagat (GPS) telah meluas digunakan oleh juruukur-juruukur. Justeru itu, penulis menggunakan GPS dengan teknik cerapan Rapid Statik dan Kinematik masa hakiki (RTK) untuk menentukan jarak garis dasar EDM di UTHM didalam menyediakan Kertas Projek Sarjana ini. Jarak yang diperolehi daripada cerapan GPS ini dibandingkan dengan jarak asal yang diperolehi dari alat EDM jitu iaitu LEICA TC2003 untuk menilai kemampuan penggunaan GPS dan MyRTKnet dalam kerja-kerja semakan garis dasar EDM. Walaubagaimanapun, daripada analisa yang dijalankan menunjukkan GPS dengan teknik cerapan Rapid Statik dan RTK dengan menggunakan MyRTKnet tidak boleh digunakan dalam kerja-kerja semakan garis dasar EDM kerana kejituan yang diberikan tidak melebihi kejituan alat yang hendak dikalibrasi. Hasil perbezaan jarak yang diperolehi adalah tidak seragam dengan perbezaan jarak dari cerapan teknik RTK adalah 0.022mm hingga -0.019mm dan dari cerapan teknik Rapid Statik adalah 0.030mm hingga -0.014mm.

ABSTRACT

In Semenanjung Malaysia and Wilayah Persekutuan Labuan, until 2002 there were a total of 31 EDM base line were constructed. All EDM base line are calibrated periodically by using the standards tools of which is JUPEM pre-calibrated at the test sites at Ashford Middlesex, United Kingdom and approved by SIRIM . Nowadays, in line with the rapid change in the survey methodology, equipment that employs advanced technology such as Global Positioning System (GPS) have been widely used by surveyors. As such, author have adopted GPS with Rapid Static observation techniques and Real Time Kinematic (RTK) for determining the EDM base line distance at UTHM in putting up this Project Paper. The distance derived from the GPS observation will be compared with the original distance that had been derived from the precise EDM equipment, that is LEICA TC2003 to assess the ability of using GPS and MyRTKnet in the work of revision of baseline EDM. However, from the analysis conducted shows GPS with Rapid Static and RTK observations using MyRTKnet not be used in the work of revision of baseline precision EDM for granted does not exceed the accuracy of the instrument to be calibrated. The difference between the results obtained are not consistent with the observed differences in distance from RTK technique is 0.022mm to -0.019mm and techniques of observation Rapid Static is 0.030mm to -0.014mm.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI SINGKATAN	xv
	SENARAI SIMBOL	xvii
	SENARAI LAMPIRAN	xviii
1	Pengenalan	
	1.1 Latarbelakang Kajian	1
	1.2 Permasalahan Kajian	5
	1.3 Objektif Kajian	7
	1.4 Skop Kajian	7
	1.5 Sumbangan Kajian	8
	1.6 Metodologi Kajian	9
	1.7 Struktur Tesis	12

2 KAJIAN LITERATUR

2.1	Pengenalan	14
2.2	Garis Dasar EDM di Malaysia	16
2.2.1	Rekabentuk Tapak Ujian	19
2.2.2	Penggunaan Tapak Ujian dan Tatacara Tentukuran	24
2.3	Sistem Penentududukan Sejagat (GPS)	25
2.3.1	Konsep Penentududukan GPS	26
2.3.1.1	Cerapan Julat Semu (<i>Pseudo-range Measurement</i>)	26
2.3.1.2	Cerapan Fasa Pembawa (<i>carrier-phase measurement</i>)	27
2.3.1.3	Faktor Pengeceran Kejituan	29
2.3.2	Penentududukan GPS	30
2.3.2.1	Penentududukan Mutlak	31
2.3.2.2	Penentududukan Relatif	31
2.3.2.3	Penentududukan Jaringan	31
2.3.2.4	Pengukuran Kaedah Statik	32
2.3.2.5	Pengukuran Kaedah Rapid Statik	33
2.3.2.6	Pengukuran Kaedah <i>Real Time</i> <i>Kinematic</i> (RTK)	33
2.3.3	Kompenen GPS	34
2.3.3.1	Segmen Angkasa	35
2.3.3.2	Segmen Kawalan	35
2.3.3.3	Segmen Pengguna	35
2.3.4	Aplikasi GPS	38
2.3.4.1	Aplikasi Daratan	38
2.3.4.2	Aplikasi Udara	38
2.3.4.3	Aplikasi Marin	39
2.3.4.4	Aplikasi Angkasa Lepas	40
2.3.4.5	Aplikasi Ketenteraan	40

2.3.4.6	Aplikasi Rekreasi	41
2.3.5	Bias dan Selisih GPS	42
2.3.5.1	Bias Orbit	43
2.3.5.2	Bias Jam Satelit	44
2.3.5.3	Kesan Ionosferik	44
2.3.5.4	Kesan Troposferik	45
2.3.5.5	Pergerakan Pusat Fasa Antena	46
2.3.5.6	Bias Jam Penerima	46
2.3.5.7	Bias Koordinat Stesen	46
2.3.5.8	Gelinciran Kitar	47
2.3.5.9	Kesan Berbilang Haluan dan Imej	48
2.3.5.10	Penentuan Nilai Ambiguiti	49
2.4	GPS di Malaysia	49
2.4.1	Jaringan Malaysia Active GPS System (MASS)	50
2.4.2	MyRTKnet	50
2.4.3	MyRTKnet di era eKadaster	57
2.5	Sistem Rujukan Koordinat di Malaysia	61
2.6	Kesimpulan	62

3 PELAKSANAAN KAJIAN

3.1	Pengenalan	64
3.2	Skema Pencerapan	64
3.2.1	Lokasi Kajian	65
3.2.2	Teknik Cerapan	68
3.2.2.1	Teknik Cerapan Rapid Statik	69
3.2.2.2	Teknik Cerapan RTK	69
3.2.3	Peralatan GNSS	69
3.3	Perisian di Unit CRM, JUPEM	73

3.4	Pengukuran di Lapangan dan Pemrosesan	75
3.4.1	Penyediaan peralatan GNSS dan <i>Field Communicator</i> serta Perisian	75
3.4.2	Pemasangan Alat Penerima	76
3.4.3	Tatacara Cerapan Teknik RTK	79
3.4.3.1	Langkah Pemrosesan Data RTK	79
3.4.4	Tatacara Cerapan Teknik Rapid Statik	81
3.4.4.1	Langkah Pemrosesan Data Rapid Statik	81
3.5	Kesimpulan	81
4	Analisa Data	
4.1	Pengenalan	82
4.2	Analisa Jarak Teknik RTK dengan Leica TC2003	83
4.3	Analisa Jarak Teknik Rapid Statik dengan Leica TC2003	90
4.4	Analisa Jarak Teknik Rapid Statik dengan Teknik RTK	97
4.5	Kesimpulan	100
5	Kesimpulan dan Cadangan	
5.1	Pengenalan	102
5.2	Kesimpulan	103
5.3	Cadangan	104
	RUJUKAN	106
	LAMPIRAN A-K	

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Lokasi tapak ujian EDM di Malaysia	17
2.2	Ciri-ciri generasi semasa dan masa depan satelit GPS	37
2.3	Jenis Data yang dibekalkan oleh Pusat Kawalan MyRTKnet	57
4.1	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.5	87
4.2	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.6	87
4.3	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.9	88
4.4	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.10	88
4.5	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.5	94
4.6	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.6	94
4.7	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.9	95
4.8	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.10	95
4.9	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.5	99
4.10	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.6	99
4.11	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.9	100
4.12	Jarak diantara Pilar No.4 ke Pilar No.10	100

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Carta alir metodologi kajian	10
2.1	Garis Dasar EDM di Finland (Nummela Standard Baseline)	16
2.2	Tapak Garis Dasar EDM di Malaysia	18
2.3	Pilar konkrit setinggi 1.5 meter dan bersaiz 1.5m x 1.5m x 1.5m	19
2.4	Plat <i>stainless steel</i> dengan skrew 5/8 inci di tengah pilar	20
2.5	Rekabentuk Bagi Tapak Ujian EDM	21
2.6	Rekabentuk Tapak Ujian GPS Berjarak 1KM (Rekabentuk 1)	21
2.7	Rekabentuk Tapak Ujian GPS Berjarak 500 m (Rekabentuk 2)	22
2.8	Rekabentuk Tapak Ujian GPS dan EDM Setempat Berjarak 1 km	22
2.9	Pengukuran Kaedah <i>Real Time Kinematic</i> (RTK)	34
2.10	Kompenen GPS	34
2.11	Segmen Kawalan	36
2.12	Aplikasi Udara	39
2.13	Aplikasi Ketenteraan	41
2.14	Bias dan Selisih GPS	42

2.15	Bias Orbit	43
2.16	Gelinciran Kitar	47
2.17	Kesan Berbilang Haluan dan Imej	48
2.18	Kedudukan Stesen MyRTKnet di Malaysia	52
2.19	Kawasan liputan MyRTKnet	52
2.20	Stesen MyRTKnet di Malaysia	53
2.21	Stesen MyRTKnet di Negeri Johor	54
2.22	Konsep Sistem MyRTKnet	55
2.23	Konsep Penentuan <i>Virtual Reference Station</i> (VRS)	56
2.24	Matlamat eKadaster	58
3.1	Garis dasar EDM di UTHM, Batu Pahat.	66
3.2	Jarak diantara garis dasar EDM di UTHM dengan stesen rujukan MyRTKnet Pejabat Ladang Projek Pertanian Moden, Kluang	67
3.3	Jarak diantara garis dasar EDM di UTHM dengan stesen rujukan MyRTKnet SMK Simpang Renggam, Kluang	67
3.4	Jarak diantara garis dasar EDM di UTHM dengan stesen rujukan MyRTKnet SMK Penghulu Said, Parit Sulong, Batu Pahat	68
3.5	Alat penerima Trimble R8	70
3.6	Panasonic Tough Book, CF-18	72
3.7	Perkakasan Komunikasi.	72
3.8	Carta Aliran Model eCRM	74
3.9	Perisian <i>Geodetic Datum Transformation System</i> <i>Version 4.01</i>	79
3.10	Perisian <i>Geodetic Datum Transformation System</i> <i>Version 4.01</i>	80
3.11	Perisian <i>eTSM Version 2.0</i>	80
4.1	Graf Beza Jarak (mm) melawan Jarak (m)	84

4.2	Graf Peratus Beza Jarak	85
4.3	Graf Purata Beza Jarak (mm) melawan Jarak Antara Pilar (m)	88
4.4	Graf Kejituan (ppm) melawan Jarak (m)	89
4.5	Graf Purata Kejituan (ppm) melawan Jarak (m)	90
4.6	Graf Beza Jarak (mm) melawan Jarak (m)	91
4.7	Graf Peratus Perbezaan Jarak	92
4.8	Graf Purata Beza Jarak (mm) melawan Jarak (m)	95
4.9	Graf Kejituan (ppm) melawan Jarak (m)	96
4.10	Graf Putara Kejituan (ppm) melawan Jarak (m)	97
4.11	Graf Peratus Perbezaan Jarak Antara Teknik Rapid Statik dengan Teknik RTK	100

SENARAI SINGKATAN

CRM	-	<i>Cadastral Reference Mark</i>
DGPS	-	Kaedah Penentududukan Perbezaan/ <i>Differential Global Positioning System</i>
EDM	-	Alat Ukur Jarak Elektronik/ <i>Electronic Distance Measurement</i>
GDOP	-	Pengeceran Kejituan Geometri/ <i>Geometric Dilution of Precision</i>
GDPM	-	GNSS Data Post-processing Module
GIS	-	Sistem maklumat geografi / <i>Geographical Information System</i>
GLONASS	-	Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema/ <i>Global Navigation Satellite System</i>
GNSS	-	Global Navigation Satellite System
GDSM	-	GNSS Data Survey Module
GPS	-	<i>Global Positioning System</i>
IRNSS	-	<i>Indian Regional Navigation Satellite System</i>
JUPEM	-	Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia
KPUP	-	Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan
KTN	-	Kanun Tanah Negara
LJT	-	Lembaga Juruukur Tanah Semenanjung Malaysia
MASS	-	Malaysia Active GPS System
MRT	-	<i>Malayan Revised Triangulation</i>
MyRTKnet	-	<i>Malaysian Real Time Kinematic Network</i>
NAVSTAR	-	<i>Navigation System with Timing and Ranging</i>
NDCDB	-	Pangkalan Data Ukur Kadaster dan Pemetaan Berdigit <i>Kebangsaan/National Digital Cadastral Database</i>

PDUSSM	-	Pembangunan Pangkalan Data Ukur Strata, Stratum dan Marin
RINEX	-	<i>Receiver Independent Exchange</i>
PVM	-	<i>Positioning Validation Module</i>
RTGA	-	<i>Real Time GNSS Analysis</i>
RTK	-	<i>Real Time Kinematic</i>
TBC	-	<i>Trimble Business Center</i>
UTM	-	Universiti Teknologi Malaysia
UTHM	-	Universiti Tun Hussein Onn Malaysia
VRS	-	<i>Virtual Reference Station</i>

SENARAI SIMBOL

P	-	Jarak semu (pseudorange)
C	-	Halaju cahaya
t _R	-	Masa isyarat diterima
t _s	-	Masa isyarat dihantar
p	-	Julat geometri
Δt	-	Offset jam
ε	-	Selisih atmosfera, berbilang laluan dan jam satelit
L	-	Jarak fasa pembawa ke satelit
P	-	Julat geometric
d _{ts}	-	Jam satelit
d _{ts}	-	Jam penerima
λ _n	-	Gelombang fasa pembawa dan nilai awalan ambiguiti
E	-	Selisih fasa pembawa dan noise
σ_t^2	-	Varian bagi jangkaan parameter selisih jam penerima
σ_x^2	-	Varian bagi komponen Timur
σ_y^2	-	Varian bagi komponen Utara
σ_z^2	-	Varian bagi komponen ketinggian

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Data Teknikal Leica TC2003	110
B	Sijil Akreditasi Tapak Ujian EDM UTHM, Batu Pahat.	111
C	Jusfikasi alat penerima Trimble	112
D	Tatacara Cerapan Teknik RTK	113
E	Langkah Pemprosesan Data RTK	120
F	Hasil Pemprosesan Data RTK	123
G	Jarak di antara pilar pada 26 Oktober 2014 hingga 31 Oktober 2014 dari teknik RTK	129
H	Tatacara Cerapan Teknik Rapid Statik	131
I	Langkah Pemprosesan Data Rapid Statik	134
J	Hasil Pemprosesan Data Rapid Statik	156
K	Jarak di antara pilar pada 26 Oktober 2014 hingga 31 Oktober 2014 dari teknik Rapid Statik	173

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latarbelakang Kajian

Sebagai yang kita sedia maklum sistem tanah di Semenanjung Malaysia dan Labuan adalah berasaskan kepada Sistem Torrens yang diperkenalkan pada tahun 1885 oleh W.E Maxwell. Sistem Torrens ini mengadungi ciri-ciri tertentu yang berkaitan dengan pegangan tanah seperti memperakui hakmilik tanah tidak boleh disangkal seperti yang dinyatakan di dalam Seksyen 92 dan Seksyen 340 Kanun Tanah Negara (KTN), memudahkan segala urusan tanah dan mengurangkan perbelanjaan bagi urusan-urusan mengenai tanah. Dapat dilihat bahawa ciri-ciri yang dinyatakan adalah sesuatu yang ideal dan perlu disokong oleh satu sistem yang komprehensif dan konkrit. Untuk itu, beberapa keperluan yang tertentu mestilah diadakan seperti mewujudkan sistem dokumen hakmilik yang jelas dan difailkan di Pejabat Pendaftar dimana sistem ini mestilah mempunyai perihal sempadan tanah yang tepat yang boleh mengelakkan keraguan dan pertikaian dan segala jualan dan urusan tanah didaftarkan di dalam dokumen hakmilik tersebut.

Sebagai perbandingan dengan beberapa sistem tanah yang tidak berasaskan Sistem Torrens umpamanya sistem di Pulau Pinang sebelum berkuatkuasanya KTN pada tahun 1966. Pada masa tersebut sistem yang digunapakai ialah Sistem Surat Ikatan atau Sistem Deed. Di dalam sistem ini dokumen hakmilik tidak digunakan untuk urusan tanah. Dokumen hakmilik ini hanya menunjukkan nama tuan tanah yang asal. Penjualan dijalankan melalui surat ikatan pindah milik. Penjualan yang seterusnya juga dibuat dengan cara yang sama. Dengan ini pembeli tidak dapat menentukan pemilik tanah dengan hanya melihat kepada dokumen hakmilik.

Siasatan atau carian yang panjang perlu dibuat bagi menentukan pemilik tanah berkenaan yang sah. Dengan ini dapat dilihat bahawa Sistem Torrens yang diamalkan kini mempunyai kelebihan tertentu dimana didapati segala urusan tanah dapat dijalankan dengan mudah. Secara ringkasnya bolehlah dikatakan bahawa Sistem Torrens ini mempunyai kelebihan tersendiri seperti pemilik tanah akan mempunyai dokumen hakmilik yang jelas dan dijamin oleh kerajaan, tanah boleh diniagakan dengan mudah tanpa perlu carian yang rumit dan mahal serta hakmilik yang dikeluarkan itu dijamin tidak boleh disangkal.

Adalah jelas bahawa kelebihan Sistem Torrens ini perlulah dipelihara dengan memastikan bahawa semua pihak yang terlibat didalam melaksanakan sistem ini memainkan peranan masing-masing dengan berkesan dan penuh komitmen. Tindakan-tindakan ini adalah cepat di dalam urusan mendaftarkan hakmilik tanah oleh Pejabat Tanah, kerja-kerja ukuran kadaster oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) dijalankan dengan cepat dan berkesan dan tidak berlakunya kelambatan atau kesilapan di dalam pendaftaran tanah atau pengukuran. Kegagalan jabatan-jabatan terbabit menjalankan tanggungjawab masing-masing boleh menggagalkan sistem ini. Pindaan KTN 2000 telah digubal untuk mengemaskan lagi sistem hakmilik tanah negara dengan menggalakkan pengeluaran hakmilik tetap terus tanpa mengeluarkan hakmilik sementara. Sepertimana yang kita ketahui, Hakmilik Sementara tidak mempunyai sempadan tanah yang muktamat lagi.

Ukuran hakmilik dikenali dengan ukuran Kadaster. Perkataan *cadastre* ini adalah berasal dari bahasa Latin yang merujuk kepada pendaftaran tanah. Oleh itu ukuran kadaster ini bolehlah diertikan sebagai ukuran yang berkaitan dengan penentuan dan penandaan sempadan hakmilik. Ukuran kadaster adalah melibatkan proses legal dan proses saintifik. Proses legal adalah proses yang berkaitan dengan penentuan sempadan dimana sempadan yang ditanda atau ditentukan oleh seseorang juruukur tanah itu akan digunakan didalam proses mahkamah sebagai bukti yang sah seperti yang dinyatakan di dalam Seksyen 396(2) KTN. Oleh itu seseorang juruukur tanah itu adalah berperanan di dalam menentukan sempadan hakmilik dengan saksama dan tidak hanya membuat ukuran dengan tidak mengambil kira kesahihan sempadan yang ditandakan itu. Peruntukan di dalam menentukan garis sempadan tanah semasa ukuran boleh didapati didalam Seksyen 83 KTN. Seterusnya panduan

yang lebih terperinci ada digariskan di dalam Peraturan 70, Peraturan-Peraturan Ukur Semenanjung Malaysia. Manakala proses saintifik ialah dari segi pengutipan dan pemprosesan data ukur sehingga pelan akui dapat disediakan.

Di Malaysia kecuali Sabah dan Sarawak, kerja-kerja ukuran kadaster ini dijalankan oleh JUPEM negeri. Jabatan ukur negeri yang pertama telah ditubuhkan di Negeri Johor pada tahun 1885 dan seterusnya diikuti dengan Negeri Perak (1887), Pahang (1889), Selangor (1891), Negeri Sembilan (1897), Perak (1901), Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur (1979), Wilayah Persekutuan Labuan (1984) dan Perlis (1995). Ibu pejabat JUPEM telah siap dibina pada tahun 1962 di Jalan Gurney (kini dikenali sebagai Jalan Semarak), Kuala Lumpur dan kini bangunan ini lebih dikenali sebagai Wisma Tanah.

Teknik pengukuran dan peralatan serta perkakasan ukur yang digunakan bagi menjalankan kerja-kerja ukur kadaster turut mengalami evolusi seiring dengan perkembangan teknologi semasa. Diawal penubuhan JUPEM, kerja-kerja pengukuran dilakukan dengan menggunakan rantai ukur bagi mendapatkan jarak dan teodolit bagi mendapatkan nilai bering.

Pada tahun 1986, Pekeliling Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan (KPUP) Bilangan 3 telah dikeluarkan dimana pekeling ini adalah bertujuan untuk membenarkan serta menggalakan penggunaan alat ukur jarak elektronik (EDM) dalam kerja ukur kadaster serta mewujudkan peraturan bagi ujian alat ukur jarak elektronik. Bagi memastikan jarak yang diberikan oleh alat EDM adalah betul dan di dalam had dibenarkan, peralatan ini perlu ditenturankan di Tapak Ujian EDM pada sela masa tertentu. Terkini, dengan berpandukan Pekeliling KPUP Bilangan 1 Tahun 2003, setiap alat EDM perlu ditenturankan sekali pada setiap enam bulan. Di samping itu, alat EDM akan terus tertakluk kepada pengendalian ujian-ujian peringkat lain seperti *Differential Field Test* dan Semakan Harian.

Perkembangan pesat dalam bidang ukur satelit telah memungkinkan penggunaan teknologi Sistem Penentududukan Sejagat atau *Global Positioning System* (GPS) dalam kerja-kerja ukur kadaster. Berdasarkan kepada beberapa hasil kajian yang telah dijalankan dalam penggunaan sistem penentududukan sejagat bagi

menentukan titik-titik di permukaan bumi, membuktikan bahawa sistem tersebut mampu memberikan kejituan yang tinggi sepertimana yang diperlukan dalam ukur kadaster. Jesteru itu keupayaan sistem GPS ini sewajarnya dimanfaatkan sepenuhnya termasuk dalam melaksanakan kerja-kerja ukur kadaster yang memerlukan kepada ketepatan dan kejituan yang tinggi. Sehingga kini, pekeliling-pekeliling yang pernah dikeluarkan berkaitan GPS adalah :-

- i. Pekeliling KPUP Bilangan 6 Tahun 1999, dimana pekeliling ini adalah bertujuan untuk membenarkan penggunaan serta menetapkan kaedah dan cara penggunaan alat Sistem Penentududukan Sejagat atau *Global Positioning System* (GPS) bagi ukur kawalan kadaster dan ukur hakmilik tanah bagi kawasan luas dan terpencil.
- ii. Pekeling KPUP Bilangan 5 Tahun 2002, dimana pekeliling ini adalah bertujuan untuk memberikan garis panduan mengenai pembentukan dan pembangunan jaringan kawalan ukur kadaster di negeri-negeri dengan menggunakan alat Sistem Penentududukan Sejagat (GPS).
- iii. Pekeliling KPUP Bilangan 9 Tahun 2005, dimana pekeliling ini adalah bertujuan untuk memaklumkan penubuhan *Malaysian RTK GPS Network* (MyRTKnet) oleh Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM) serta memberikan panduan mengenai penggunaan produk dan perkhidmatannya bagi kerja-kerja ukur dan pemetaan.
- iv. Pekeliling Bilangan 1 Tahun 2008, dimana pekeliling ini dikeluarkan bagi memberikan garis panduan mengenai ujian alat *Global Navigation Satellite System* (GNSS) tunggal menggunakan perkhidmatan MyRTKnet bagi kerja-kerja kawalan ukur kadaster di negeri- negeri.
- v. Pekeliling Bilangan 1 Tahun 2009, dimana pekeliling ini adalah bertujuan untuk memberikan garis panduan mengenai sistem rujukan koordinat dalam kontek penggunaan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) bagi kerja-kerja ukur dan pemetaan di Malaysia.

1.2 Permasalahan Kajian

Bagi memastikan alat EDM yang digunakan dalam kerja-kerja ukur terutamanya kerja ukur kadaster sentiasa memberi hasil dan kejitian yang baik mengikut spesifikasi dan prosedur pengukuran serta pengukuran hanya mempunyai kedudukan dari segi perundangan sekiranya ia dapat dijejak (*traceable*) ke *Primary Standard*. Untuk itu, tapak ujian EDM berfungsi untuk membekalkan *traceability* bagi pengukuran yang telah dijalankan menggunakan alat-alat yang ditentukan berasaskan tapak ujian berkenaan. Tentukuran dijalankan untuk mendapatkan purata selisih malar bagi sesuatu alat dengan cara membandingkan bacaan jarak yang diberi oleh alat dengan jarak piawai di tapak ujian. Berdasarkan purata selisih malar inilah dapat diputuskan sama ada sesebuah alat yang diuji itu baik atau layak digunakan untuk kerja kadaster atau sebaliknya.

Semua tapak ujian EDM yang berjumlah 33 tapak, akan ditentukan secara berkala dengan menggunakan alat piawaian JUPEM (JUPEM, 2003). Alat piawaian ini telah pun terlebih dahulu ditentukan di tapak ujian Ashford Middlesex, United Kingdom oleh Thames Water Utilities Engineering yang diiktiraf oleh United Kingdom Accreditation Services (UKAS), juga oleh Standard Research Institute of Malaysia (sekarang dikenali sebagai SIRIM Berhad). SIRIM Berhad, sebagai pihak yang mengawal standard bagi negara ini, telah pun memperakukan penggunaan alat piawaian tersebut untuk kerja-kerja tentukuran dengan pengeluaran Sijil Perakuan SIRIM yang khas bagi alat berkenaan.

Tentukuran bagi semua tapak EDM ini dijalankan sekurang-kurangnya sekali setahun. Sehubungan itu, Bahagian Kadaster, JUPEM telah dipertanggungjawabkan untuk melaksanakan urusan tersebut dan mengeluarkan sijil-sijil kalibrasi bagi setiap ujian EDM di seluruh Semenanjung Malaysia dan Wilayah Persekutuan Labuan.

Diantara jenis alat EDM berkejitian tinggi yang pernah dan yang kini berada di pasaran yang boleh digunakan untuk penentukuran jarak garis dasar EDM adalah seperti Kern Mekometer ME3000 yang mempunyai sisihan piawai sebanyak $\pm(0.2\text{mm}\pm 1\text{ppm})$, Kern Mekometer ME5000 dengan sisihan piawai sebanyak

$\pm(0.2\text{mm}\pm 0.2\text{ppm})$), WILD DI 2000 dengan sisihan piawai $\pm(1\text{mm}\pm 1\text{ppm})$ dan LEICA TC2003 dengan sisihan $\pm(1\text{mm}\pm 1\text{ppm})$ (Leica Geosystems, 1999).

Walaupun bagaimanapun, alat-alat ini adalah amat sedikit terdapat di Malaysia disebabkan harganya yang mahal iaitu lebih kurang RM 300 000.00 seunit serta penggunaannya yang tidak ekonomi kerana ia hanya sesuai digunakan bagi pengukuran bagi penentuan jarak garis dasar EDM bagi tujuan pengkalibrasi alat-alat EDM. Jumlah alat yang kurang atau jarang digunakan juga telah menyebabkan kekurangan tenaga pakar dalam mengendalikan alat ini. Ini dapat dilihat semasa kerja-kerja pengukuran jarak bagi penentuan jarak garis dasar EDM untuk Universiti Teknologi Malaysia (UTM), Skudai pada tahun 1987 dengan menggunakan alat Geomensor COM-RAD di mana, kakitangan Fakulti Ukur pada masa itu telah mendapatkan bantuan pakar dari Australia.

Di Malaysia, sejarah penggunaan alat EDM yang berkejituaan tinggi ini hanya dimiliki oleh Lembaga Juruukur Tanah Semenanjung Malaysia (LJT) iaitu hanya 1 unit sahaja iaitu alat Geomensor CR234 yang dikendalikan penggunaannya oleh JUPEM. Alat inilah yang telah dipinjam dan digunakan semasa menjalankan kerja mengesan pergerakan pillar garis dasar UTM pada tahun 1991 (Md. Nor Kamarudin, 1992). Mulai tahun 2002, JUPEM telah menggunakan alat LEICA TC2003 yang berjumlah 2 unit yang juga dipunyai oleh LJT di dalam menjalankan kerja-kerja penentuan jarak garis dasar EDM yang terdapat di seluruh Malaysia. Data teknikal alat LEICA TC2003 boleh dilihat di Lampiran A.

Apabila Pekeliling KPUP Bilangan 6 Tahun 1999 yang dikeluarkan bagi tujuan untuk membenarkan penggunaan serta menetapkan kaedah dan cara penggunaan GPS bagi ukuran kawalan kadaster dan ukuran hak milik tanah bagi kawasan luas dan terpencil, ini telah mengesahkan tentang ketepatan atau kejituan yang tinggi di dalam penggunaan GPS di dalam bidang ukur kadaster. Pada tahun 2005 JUPEM telah memaklumkan penubuhan *Malaysian Real Time Kinematic Network* (MyRTKnet) serta memberikan panduan mengenai penggunaan produk dan perkhidmatannya bagi kerja-kerja ukur dan pemetaan melalui Pekeliling KPUP Bilangan 9.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan kajian sepertimana yang diterangkan di atas serta Pekeliling KPUP Bilangan 6 Tahun 1999 dan Pekeliling KPUP Bilangan 9 Tahun 2005, persoalan kajian yang boleh diselidiki adalah oleh kerana semakan garis dasar EDM sebelum ini hanya boleh dilakukan oleh alat EDM berkejituan tinggi, adakah teknologi GPS boleh digunakan bagi tujuan semakan garis dasar EDM atau dalam kata lain adakah teknologi GPS boleh menggantikan alat EDM berkejituan tinggi bagi menjalankan kerja-kerja semakan garis dasar EDM.

1.3 Objektif Kajian

Berdasarkan kepada beberapa hasil kajian yang telah dijalankan dalam penggunaan GPS bagi menentukan titik-titik di permukaan bumi telah membuktikan bahawa sistem tersebut mampu memberikan kejituan yang tinggi maka objektif kajian ini adalah untuk:-

- i) Penentuan jarak garis dasar EDM menggunakan teknik pengukuran GPS yang berbeza.
- ii) Menilai kemampuan penggunaan GPS dan MyRTKnet dalam melakukan kerja-kerja semakan garis dasar EDM.

1.4 Skop Kajian

Skop kajian yang telah dijalankan adalah terhad kepada:-

- i) Membandingkan jarak diantara pilar garis dasar EDM di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) yang diperolehi dari GPS dengan menggunakan MyRTKnet melalui teknik pengukuran Rapid Statik dengan nilai jarak piawai yang diperolehi dari alat EDM berkejituan tinggi iaitu LEICA TC2003.

- ii) Membandingkan jarak diantara pilar garis dasar EDM di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) yang diperolehi dari GPS dengan menggunakan MyRTKnet melalui teknik pengukuran Kinematik masa hakiki (RTK) dengan nilai jarak piawai yang diperolehi dari alat EDM berkejituan tinggi iaitu LEICA TC2003.
- iii) Membandingkan jarak diantara pilar garis dasar EDM di UTHM yang diperolehi daripada teknik pengukuran Rapid Statik dan RTK.
- iv) Membandingkan jarak diantara pilar garis dasar EDM di UTHM yang diperolehi daripada teknik pengukuran Rapid Statik dan RTK pada hari yang berbeza.

1.5 Sumbangan Kajian

Sekiranya daripada hasil kajian mendapati jarak garis dasar EDM yang diperolehi daripada cerapan GPS dengan menggunakan MyRTKnet sebaik atau setara dengan jarak yang diberikan oleh alat pengukur jarak elektronik berkejituan tinggi, pihak-pihak di bawah ini akan mendapat faedahnya di mana mereka boleh menentukan jarak garis dasar EDM yang sedia bagi tujuan semakan penentukuran tahunan atau yang baru dibina dengan satu kaedah yang lebih mudah, cepat dan ekonomi. Pihak tersebut adalah:-

- i) JUPEM
- ii) Institut Pengajian Tinggi

Sekiranya didapati daripada hasil kajian, jarak garis dasar EDM yang diperolehi daripada cerapan GPS daripada teknik RTK dengan menggunakan MyRTKnet adalah sebaik atau setara dengan jarak asal yang diperolehi daripada alat pengukur jarak elektronik berkejituan tinggi, maka teknik RTK boleh digunakan bagi tujuan pengukuran garis dasar EDM dalam jangka masa cerapan yang lebih

pendek berbanding teknik Rapid Statik. Ini akan menjimatkan masa secara amnya dan menjimatkan kos secara khasnya kepada JUPEM yang terpaksa membuat semakan ke atas 33 garis dasar EDM di seluruh Malaysia dan Wilayah Persekutuan Labuan pada setiap tahun.

Kajian ini juga dapat menguji kejitian atau kemampuan peralatan GPS yang dibekalkan kepada Pasukan Kerjalar *Cadastral Reference Mark* (CRM) ,JUPEM Johor yang mana peralatan ini digunakan bagi tujuan kerja-kerja ukuran kawalan kadaster dan ukuran hak milik tanah bagi kawasan luas dan terpencil.

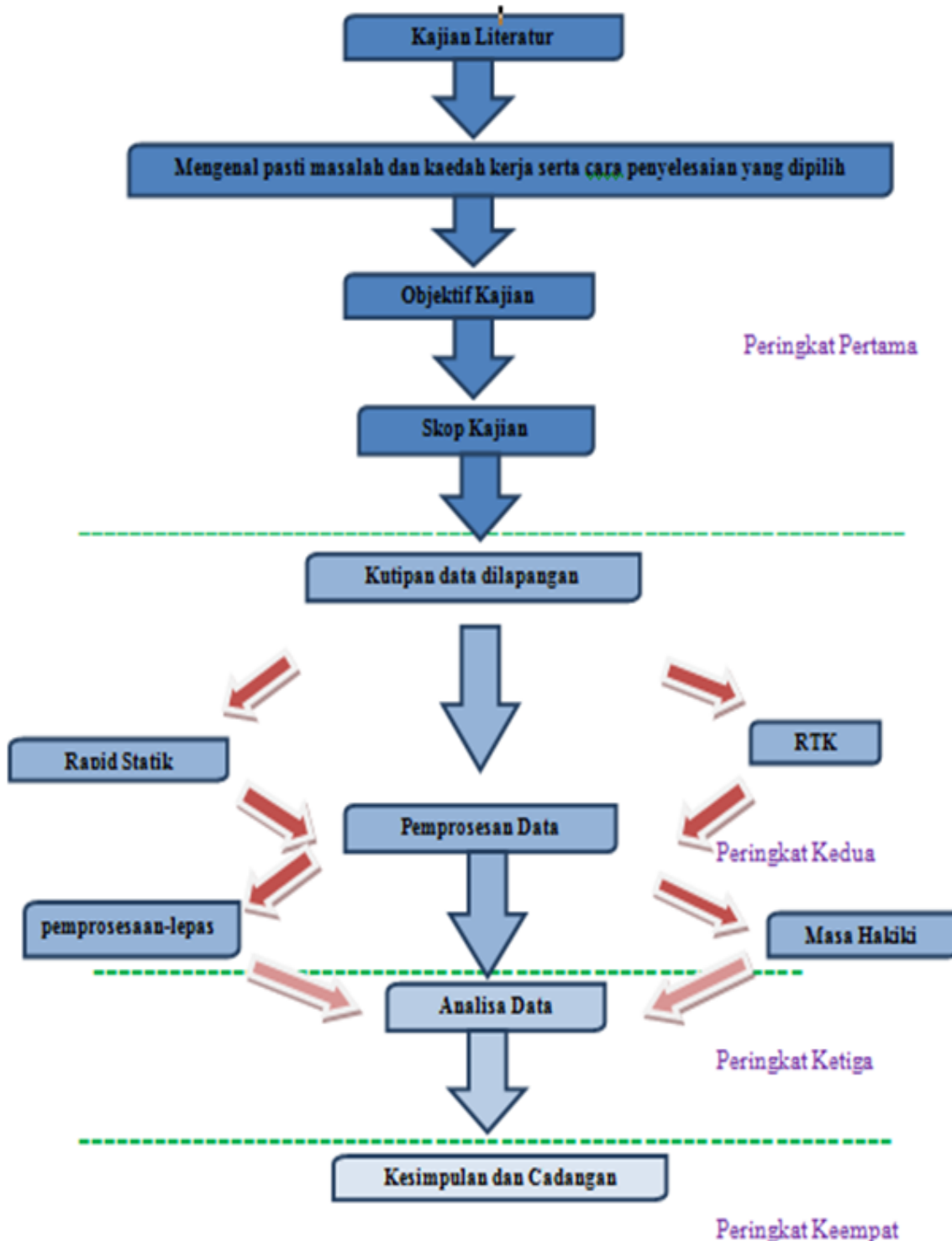
Disamping itu, kajian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada fakulti di mana apabila kemampuan GPS telah diketahui bagi tujuan pengukuran garis dasar EDM, pihak fakulti bolehlah menggunakan peralatan GPS yang sedia ada bagi menyemak garis dasar EDM di Kampus UTM, Skudai tanpa perlu meminjam atau membeli alat pengukur jarak elektronik berkejitian tinggi. Ini akan memudahkan fakulti untuk mengesan sekiranya terdapat sebarang pergerakan pillar garis dasar EDM. Ini bersesuaian dengan cadangan yang dikemukakan oleh MD. Nor Kamarudin di dalam kajiannya yang bertajuk Mengesan Pergerakan Pilar Garis Dasar EDM di Kampus Universiti Teknologi Malaysia iaitu kerja-kerja pengukuran jarak antara pilar garis dasar EDM UTM hendaklah dilakukan dalam jangka masa dua tahun sekali.

Bagi pihak penulis, kajian ini diharapkan dapat memberikan serta menambahkan lagi pengetahuan berkaitan garis dasar EDM, GPS, MyRTKnet dan pengendalian peralatan GPS serta pemprosesan data yang akan penulis gunakannya apabila kembali bertugas semula.

1.6 Metodologi Kajian

Dalam menyediakan projek khas ini, perancangan kajian dan pelaksanaan kajian yang akan dilakukan akan berdasarkan kepada empat peringkat sepertimana yang akan diterangkan di bawah. Metodologi kajian ini berdasarkan objektif-objektif

yang telah digariskan agar sasaran matlamat dapat dicapai. Carta alir metodologi kajian ditunjukkan seperti dalam Rajah 1.1.



Rajah 1.1 Carta alir metodologi kajian

i. Peringkat Pertama : Mengenal pasti kaedah-kaedah kerja dan cara penyelesaian yang dipilih.

Dalam bahagian ini, kajian awal yang dilakukan hanya tertumpu pada aspek awalan seperti memahami konsep GPS, mengenal pasti kaedah atau teknik pengukuran yang akan digunakan, lokasi dan peralatan yang diperlukan serta masalah yang dijangkakan dan penyelesaian yang akan diambil. Pada peringkat pengukuran yang akan digunakan, lokasi dan peralatan yang diperlukan serta masalah yang dijangkakan dan penyelesaian yang akan diambil. Pada peringkat ini juga, objektif kajian akan dikenal pasti.

Skop kajian dan langkah-langkah serta bagaimana kajian ini akan dijalankan serta atur cara dan prosidur untuk melakukan kajian ini juga akan ditentukan.

ii. Peringkat Kedua : Pengutipan dan Pemprosesan Data.

Pada peringkat ini, kerja-kerja pengutipan data cerapan GPS di lokasi garis dasar yang telah dipilih akan dijalankan. Kerja-kerja pencerapan dijalankan bersama Pasukan Kerjalar CRM, Pejabat ukur Daerah Muar, JUPEM, Johor. Kerja-kerja pencerapan dijalankan berdasarkan kepada skop kajian yang telah ditentukan seperti teknik cerapan, alat penerima yang akan digunakan, bilangan pilar yang akan dicerap dan masa cerapan yang akan dijalankan.

Seterusnya, data-data yang diperolehi daripada kerja-kerja cerapan yang telah dijalankan akan di proses. Pemprosesan data dilakukan dengan menggunakan perisian *Trimble Business Center* yang dijalankan bersama dengan Cawangan CRM, Ibupejabat JUPEM Johor. Cuma hasil cerapan dari teknik Rapid Statik yang akan diproses di Cawangan CRM Ibupejabat JUPEM Johor manakala bagi teknik RTK hasil cerapannya akan diproses pada masa hakiki/dilapangan sebaik sahaja selesai cerapan menggunakan perisian yang sediada di dalam Panasonic Toughbook, CF-18.

iii. **Peringkat Ketiga: Analisa Data.**

Diperingkat ini, analisa data akan dijalankan berdasarkan skop kajian yang ditentukan diperingkat awal lagi. Daripada analisa-analisa yang akan dijalankan nanti, diharapkan skop kajian yang telah ditentukan diperingkat awal akan dapat diketahui.

iv. **Peringkat Keempat : Kesimpulan dan Cadangan.**

Peringkat ini merupakan peringkat terakhir di dalam kajian yang dijalankan ianya meliputi setiap proses kerja bagi mendapatkan kesimpulan di atas kajian yang telah dijalankan iaitu samada teknologi GPS dengan menggunakan MyRTKnet boleh atau tidak menggantikan alat ukur jarak elektronik berkejituan tinggi bagi kerja-kerja semakan garis dasar EDM serta cadangan daripada hasil penganalisaan data daripada kajian yang telah dijalankan.

1.7 Struktur Tesis

Tesis ini ditulis di dalam lima bab yang berbeza. Turutan bab-babnya adalah seperti berikut:-

Bab 1 : Pengenalan.

Dimulai dengan memberikan penjelasan dan penerangan mengenai latar belakang, pernyataan masalah, objektif kajian, skop kajian dan metodologi kajian.

Bab 2: Kajian Literatur

Antara topik yang dibincangkan di dalam bab ini ialah definisi garis dasar EDM, pembangunan garis dasar EDM di Malaysia, kaedah semakan

garis dasar EDM, pengenalan serta perkembangan GPS di Malaysia, MyRTKnet dan peranan dan penggunaan MyRTKnet di dalam ukur kadaster.

Bab 3: Pengumpulan dan Pemprosesan Data

Bab ini menerangkan langkah-langkah cerapan GPS di lapangan dan pemprosesan data di pejabat dan pada masa hakiki.

Bab 4: Analisa dan Hasil Kajian

Bab ini akan menerangkan analisa yang dijalankan serta hasil kajian yang diperolehi.

Bab 5: Kesimpulan Kajian

Bab yang terakhir ini akan memuatkan rumusan berkaitan kajian yang telah dijalankan iaitu berkaitan dengan menilai kemampuan penggunaan GPS dengan MyRTKnet bagi tujuan semakan garis dasar EDM supaya ukuran kadaster dapat dijalankan dengan cekap dan berkesan.

RUJUKAN

- Abd. Majid bin A.Kadir (1996). *Penentududukan GPS*. Monograf, Fakulti Kejuruteraan dan Sains Geoinformasi, Universiti Teknologi Malaysia.
- Agensi Angkasa Negara (2014). *Sejarah GNSS*.
(<http://www.angkasa.gov.my/?q=node/283>)[23 Mei 2014]
- Althos Publishing (2009). *GPS Real Time Kinematic - RTK GPS*.
(:http://www.wirelessdictionary.com/wireless_dictionary_gps_rtk_gps_definition.html)[13 April 2014]
- Azlan bin Yahya (2014). *Nota Kuliah C1005 Ukur Kejuruteraan 1*. Politeknik Port Dickson.
- Unit Ukur Tanah Wilayah Utara (2010). *Kalibrasi Alat Ukur*. BlogRasmi.
(:<http://uutwilayahutara.blogspot.com/2010/08/kalibrasi-alat-kur.html>)
[22 April 2014]
- California Department of Transportation (2012). *Global Positioning System (GPS) Specification*.
(: http://www.dot.ca.gov/hq/row/landsurveys/SurveysManual/06_Surveys.pdf)[11 April 2014]
- Chris Rizos (1999) . *Principles and Praticce of GPS Surveying*. Satellite Navigation and Positioning Lab of the school of Surveying & Spatial Information System, UNSW.
- Depth Tutorials and Information (2014). *GPS Errors and Biases Part 1*.
(:<http://what-when-how.com/gps/gps-errors-and-biases-part-1/>)[7 Mei 2014]
- E.Cannon (2000). *Conducting a Real Time Kinematic (RTK) GPS survey*.
(:http://mygeologypage.ucdavis.edu/gps/EDUCATION/5_SESSION/SESSION4/session4_intro.html)[11 Aril 2014]
- Gary Satanosky (2012) . *GPS signals open to public*. Famous Daily.
- GPS.GOV (2014) . *Space Segment*. National Coordination Office for Space-Based Positioning, Navigation, and Timing.
(:<http://www.gps.gov/systems/gps/space/>)[21 Februari 2014]

GPS4U News (2011). *Safe Boat Navigation Calls for GPS Chartplotter and Nautical Compass and Paper Map.*

(:<http://www.gps4us.com/news/post/Safe-boat-navigation-calls-for-GPS-chartplotter-and-nautical-compass-and-paper-map-20111018.aspx>)

[11 Mac 2014]

Haryono (1995). *Penubuhan Garis Dasar Untuk Pengkalibrasian Alat Ukur Jarak Elektronik.* Laporan Teknikal, Fakulti Ukur, Universiti Teknologi Malaysia.

Hofmann-Wellenhof, B., H. Lichtenegger and J. Collins (2001) . *GPS Theory and Practice.* Fifth, revised edition. Springer-Verlag. Wien New York.

India Strategic (2008). *Growing Challenges in Target Acquisition and Weapon Guidance.*2008.

(:http://www.indiastrategic.in/topstories3479_Growing_Challenges_Target_Acquisition_Weapon_Guidance.htm)[11 Mac 2014]

JUPEM (1999). *Garis Panduan Pengukuran Menggunakan Alat Sistem Penentududukan Sejagat (GPS) Bagi Ukuran Kawalan Kadaster dan Ukuran Kadaster.* Pekeliling Pengarah Ukur dan Pemetaan Malaysia Bilangan 6.

JUPEM (2003). *Tapak Ujian EDM & GPS Semenanjung Malaysia dan Wilayah Persekutuan Labuan.*

JUPEM (2005). *Garis Panduan Mengenai Penggunaan Perkhidmatan Malaysian RTK GPS Network (MyTRKnet).* Pekeliling Pengarah Ukur dan Pemetaan Malaysia Bilangan 9.

JUPEM (2005). *Ulang Tahun 120 JUPEM.* Edisi Khas Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia.

JUPEM (2008) .*Garis Panduan Mengenai Ujian Alat Sistem Penentududukan Sejagat(GNSS) Yang Menggunakan Malaysian RTK GNSS Network(MyTRKnet).* Pekeliling Pengarah Ukur dan Pemetaan Malaysia. Bilangan 1.

JUROVICH SURVEYING (2014). *What is a Total Station?*

(: <http://www.jurovichsurveying.com.au/faq/what-is-a-total-station.php>)

[15 Januari 2014]

Leica Geosystems (2000). *General Guide to Static and Rapid-Static,* Version 2.0.

- Mary E.Reece (2000). *Global Positioning System*. New Mexico Institute of Mining and Technology.
- Md. Nor Kamarudin (1992). *Mengesan Pergerakan Pillar Garis Dasar EDM di Kampus Universiti Teknologi Malaysia*. Laporan Teknikal, Fakulti Ukur, Universiti Teknologi Malaysia.
- Misra, P and Enge (2001). *Global Positioning System.Signals, Measurement and Performance*.Ganga-Jamura Press.
- Mohd Nazri (2010). *A Study of MyRTKnet and ISKANDARNET Performances for EDM Baseline Calibration*. Tesis Sarjana Muda, Universiti Teknologi Malaysia.
- Moscow State University of Geodesy and Cartography (2013).*GPS*.
(: <http://www.geodinamika.ru/en/technologies/gps/>)[11 Februari 2014]
- Muhammad Adib bin Borhan(2012). *Penggunaan Kaedah Real-Time Kinematic (RTK) dalam Penentuan Ketinggian Ortometrik*.Tesis Sarjana Muda, Universiti Teknologi Malaysia.
- Navipedia (2014) . *GPS User Segment*. European Space Agency.
- Pasi Hakli (2004) . *Practical Test on Accuracy and Usability of Virtual Reference Station Method in Finland*. May 22-27,FIG Working Week,Athens,Greece.
- Pettingrew & Associates PA (2014). *Geodetic Surveying with GPS Control Network in New Mexico, Texas and other states*.
(: <http://www.pettigrew.us/services/surveying/geodetic-surveying-gps-control/>)[13 Januari 2014]
- Schofield,W, and Breach,M (2007). *Engineering Surveying*, 6th. United Kingdom: Butterworth-Heinmann Publications.
- Trimble Navigation Limited (2001). *Trimble Virtual Reference Station VRS*. VRS Brochure.
- University of Colorado Boulder (2014). *The Global Positioning System*.
(: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gif/figure05.gif>)
[2 Februari 2014]
- Van Sickle,J (2008). *GPS for Land Surveying*. Third Edition. CRC Press, Taylor and Francis Group.

Zulkarnaini bin Mat Amin (2014) . *Automasi Dalam Kerja Ukur*. Nota Kuliah, Ukur Kejuruteraan Lanjutan, Fakulti Geoinformasi dan Harta Tanah, Universiti Teknologi Malaysia.