

PENENTUAN KETINGGIAN ORTOMETRIK BAGI TANDA CRM DAN TBM DI POLITEKNIK UNGKU OMAR BERDASARKAN KAEDAH UKUR ARAS JITU DAN PENGUKURAN GNSS

Noorizawaty Binti Yusuff¹ & Lailatul Rahmah Binti Nekmat¹

¹Politeknik Ungku Omar
nrizawaty@puo.edu.my
lailatul@puo.edu.my

ABSTRAK

Keperluan terhadap jaringan aras yang sempurna dapat memperkukuhkan infrastruktur ukur aras di Politeknik Ungku Omar (PUO). Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk menentukan ketinggian Ortometrik bagi tanda *Cadastral Reference Mark* (CRM) dan tanda aras sementara di PUO berdasarkan pengukuran aras jitu dan pengukuran *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Pengukuran yang digunakan untuk kajian ini adalah dengan menggunakan alat aras jitu digital dan alat GNSS Trimble r10. Alat aras jitu akan memberikan nilai dalam ketinggian ortometrik manakala alat GNSS memberikan nilai ketinggian elipsoid dengan menggunakan kaedah *Real Time Kinematic* (RTK). Ketinggian bagi pengukuran GNSS perlu ditukarkan dari ketinggian elipsoid kepada ketinggian ortometrik supaya perbandingan yang setara dapat dilaksanakan. Proses penukaran ketinggian elipsoid kepada ketinggian ortometrik menggunakan nilai MyGeoid Semenanjung Malaysia (Wgeoid04.bin). Oleh itu, analisis perbandingan ketinggian yang diperolehi daripada kaedah ukuran aras jitu dan kaedah pengukuran GNSS dapat dilaksanakan dan hasil kajian menunjukkan bahawa nilai bagi tanda CRM5 dengan nilai ketinggian 46.106 memberikan perbezaan aras yang kecil iaitu 0.058 m berbanding tanda CRM yang lain. Selisih bagi tanda CRM lain adalah agak besar berbanding CRM 5 dan ini berkemungkinan selisih tersebut datangnya daripada nilai yang dihasilkan melalui kaedah pengukuran aras jitu. Oleh itu, kajian ini dapat membantu para pensyarah dan pelajar di Jabatan Kejuruteraan Awam khususnya dan amnya di PUO dalam proses pengajaran dan pembelajaran sekaligus membolehkan maklumat ketinggian digunakan bagi projek-projek pembangunan di PUO pada masa hadapan.

Kata kunci: ketinggian ortometrik, ukur aras jitu, pengukuran GNSS

1. Pengenalan

Ukur aras jitu adalah satu pengukuran yang berkejituan tinggi yang digunakan untuk tujuan mendapatkan aras tinggi muktamad '*monitoring*' struktur kejuruteraan, penentuan perbezaan Aras Purata Laut (A.P.L.) diantara Stesen Tolok Air Pasang Surut (STAPS) dan penentuan datum pugak kebangsaan Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM). Pada dasarnya kaedah aras jitu ini adalah sama seperti ukur aras bagi kerja kejuruteraan cuma ianya melibatkan jarak yang lebih jauh, kejutuan yang lebih tinggi dan alatan yang lebih sensitif.

Tanda aras (BM) pula merupakan salah satu produk JUPEM yang memberi nilai ketinggian sesuatu titik diatas permukaan bumi secara relatif kepada *Land Survey Datum*

(LSD) 1912 ataupun Datum Tegak Geodesi Semenanjung Malaysia (DTGSM). Ia digunakan untuk menyokong pelbagai aktiviti dalam bidang geodetik, pemetaan, ukur kejuruteraan, saintifik dan lain-lain kajian. Zilkoski *et. al.* (1992) menjelaskan sejarah penggunaan datum tegak kebangsaan di Amerika Syarikat dan membentangkan beberapa keputusan akhir yang diperolehi dari pelarasan terhadap *North America Vertical Datum 88* (NAVD88). Faedah-faedah yang boleh diperolehi dari NAVD88 antara lainnya ialah menghilangkan perbezaan ketinggian akibat penggunaan datum yang tidak konsisten, menghapuskan kesan-kesan selisih sistematik dalam ukuran aras, dan ketinggian ortometrik yang berpadanan dengan ketinggian ortometrik dari GPS dihitung menggunakan model geoid resolusi tinggi, GEOID90. Ketinggian sesuatu tanda aras ditentukan dengan dua kaedah pengukuran aras iaitu Ukuran Aras Jitu dan Ukuran Aras Kelas Kedua dengan tikaian masing-masing $0.003\sqrt{K}$ meter dan $0.012\sqrt{\text{meter}}$. Tanda aras yang dibina antara tanda-tanda aras piawai ialah dengan sela setengah (0.5) kilometer bagi kawasan bandar dan satu (1) kilometer bagi lain-lain kawasan. JUPEM menggunakan plat dan bolt yang dilekatkan pada monumen konkrit diatas permukaan tanah bagi pembinaan tanda aras ini dan lokasi perletakkannya adalah berhampiran atau di dalam kawasan butiran tetap seperti batu penanda jalan, jambatan, dan bangunan (balai polis, sekolah dan sebagainya) supaya ianya tetap utuh agar kemungkinan berlakunya sebarang gangguan dapat diminimalkan. Ukur aras boleh dibahagikan kepada beberapa kategori berdasarkan kejituan yang boleh diperolehi seperti ukur aras geodetik atau lebih dikenali sebagai ukur aras jitu dan ukur aras biasa. Pada tahun 1936, Pertubuhan Geodesi Antarabangsa (*The International Association of Geodesy - IAG*) telah memperkenalkan definisi ukur aras berkejitan tinggi dan ukur aras jitu jika jumlah nilai kejituan ukur aras tidak melebihi 2mm sekilometer dan 6mm sekilometer (Azhari, 2003).

Selain pengukuran aras jitu, penggunaan teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) bagi kerja-kerja ukur dan pemetaan di Malaysia telah bermula sejak tahun 1989. Sehingga kini, pelbagai kaedah dan teknik pengukuran GNSS telah digunakan sesuai dengan kehendak dan tujuan sesuatu pengukuran itu dijalankan. Selain dari koordinat geosentrik, GNSS juga dapat membekalkan nilai ketinggian atau perbezaan ketinggian berdasarkan elipsoid WGS-84. Ketinggian tersebut boleh dikaitkan dengan nilai ketinggian dari teknik ukur aras konvensional berdasarkan kepada geoid. Perpisahan geoid-elipsoid (N) ini perlu ditentukan supaya dapat mengaitkan kedua-dua sistem.

Objektif utama kajian ini adalah untuk 1; Mewujudkan nilai datum tegak pada tanda CRM di Politeknik Ungku Omar dan 2; membuat perbandingan nilai ketinggian yang diperolehi daripada kaedah ukuran aras jitu dan kaedah pengukuran GNSS. Keperluan dalam mendapatkan nilai ketinggian bagi tanda CRM dan tanda aras sementara sedia ada adalah sangat penting terutamanya dalam pengajaran dan pembelajaran khususnya bidang Geomatik dan Kejuruteraan Awam. Kajian ini turut dapat menyemak nilai ketinggian sedia ada yang hanya terdapat pada tanda aras sementara sekaligus dapat memperkukuhkan lagi jaringan tanda aras di sekitar PUO.

2. Metodologi

2.1. Kawasan Kajian

Kawasan Politeknik Ungku Omar dipilih sebagai kawasan kajian seperti Rajah 1 kerana kawasan ini selamat untuk wujudkan tanda CRM. Disamping itu, Stesen Graviti Tertib Kedua yang diwujudkan oleh JUPEM berhampiran Politeknik Ungku Omar akan dijadikan rujukan kawalan bagi pelaksanaan kerja pengukuran aras jitu.



Rajah 1. Kawasan Kajian

2.2. Cerapan GNSS (Penentuan CRM)

JUPEM telah membangunkan *Malaysia Real-Time Kinematic Networks* (MyRTKnet) yang merangkumi 78 stesen GNSS diseluruh negara. MyRTKnet merupakan satu sistem prasarana yang dibentuk oleh jaringan stesen-stesen rujukan GNSS dan Pusat Kawalan yang diselenggara oleh JUPEM yang memberikan sistem telekomunikasi bagi membekalkan data-data GNSS yang diperlukan, terutamanya untuk menghasilkan maklumat kedudukan di lapangan dalam masa hakiki kepada penggunaanya. Ketepatan cerapan GNSS dengan menggunakan MyRTKnet adalah 3cm bagi komponen mendatar manakala ± 6 cm bagi komponen pugak di atas datum GDM2000 sepertimana dinyatakan dalam Pekeliling Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan Bil.9/2005.

Bagi kajian ini, cerapan dijalankan untuk keempat-empat stesen menggunakan kaedah statik yang mana masa cerapan adalah melebihi 1 jam manakala sela cerapan yang dibuat adalah 1 saat. Statik adalah penentuan titik secara absolut dan kinematik adalah penentuan titik-titik yang bergerak (Kavanagh, 2000).

Sebanyak empat (4) stesen yang diwujudkan di kawasan PUO seperti Rajah 2. Cerapan adalah menggunakan peralatan GNSS Trimble r10 dan kaedah pengukurannya adalah menggunakan kaedah statik. Tanda-tanda ini juga dikenali sebagai *Cadastral Reference Marks* (CRM) sepertimana dinyatakan dalam Peraturan Ukur Kadaster 2009. Senarai CRM bagi keempat-empat stesen adalah seperti di **Jadual 1**.

Jadual 1. Senarai stesen CRM di PUO

Bil	Nama Stesen
1	CRM4
2	CRM5
3	CRM6
4	TBM1



Rajah 2. Stesen CRM di PUO

2.3. Cerapan Aras Jitu

Pemindahan aras dari Tanda Aras (BM A5126) yang berada di kiri Jalan Raja Di Hilir, selepas lampu isyarat dan melintasi jejantas. Bersebelahan papan tanda "Dewan Bandaraya Ipoh, Hospital Ipoh, Jabatan-Jabatan Kerajaan, Kompleks Sukan MBI, Stesen Keretapi, Hotel-Hotel, Taman Rekreasi Sultan Abdul Aziz" ke CRM4, CRM 5, CRM 6 dan TBM 1 iaitu di dalam kawasan PUO dilakukan mengikut spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Pekeliling Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan Bil.10 Tahun 2005. Nilai aras bagi setiap stesen CRM dan TBM1 dilaraskan menggunakan pengiraan relatif menggunakan perisian Microsoft Excell.

2.4. Pemprosesan Data

Sebanyak empat (4) tanda CRM dicerap menggunakan kaedah statik dan dilakukan *post-processing* (CORS) bagi mendapatkan koordinat yang diperbetulkan. Antara stesen CORS yang dipilih adalah Cameron Highland (CMRN), Pusing (PUSI) dan Felda Lasa (LASA). Perisian yang digunakan untuk pemprosesan data GNSS adalah Trimble Business Centre versi 3.81 dari Trimble Navigation Limited. Trimble Business Centre (TBC) adalah perisian utama yang digunakan untuk pemprosesan garis dasar (*baseline*) untuk menghasilkan nilai koordinat dan juga ketinggian bagi setiap stesen cerapan. Hasil dari pemprosesan ini akan memberikan nilai ketinggian elipsoid manakala hasil dari ukuran aras jitu adalah dari ketinggian ortometrik. Oleh itu, ketinggian bagi pengukuran GNSS perlu ditukarkan dari ketinggian elipsoid kepada ketinggian ortometrik supaya perbandingan yang setara dapat dilaksanakan. Proses penukaran ketinggian elipsoid kepada ketinggian ortometrik menggunakan nilai MyGeoid Semenanjung Malaysia (Wgeoid04.bin). Data seterusnya ditransformasikan daripada datum GDM2000 (*geographical coordinate*) kepada unjuran Cassini Geosentrik.

3. Keputusan dan Analisa

Keputusan akhir diperolehi selepas pemprosesan data cerapan aras jitu dan cerapan GNSS. Data yang akan diperolehi dari kajian ini adalah nilai ketinggian (H) ukur aras jitu, nilai ketinggian (h) bagi pengukuran GNSS yang telah ditukarkan kepada ketinggian ortometrik dan seterusnya perbandingan dapat dilakukan antara ketinggian aras jitu (H) dengan ketinggian GNSS (h).

3.1. Data GNSS

Empat (4) tanda CRM telah diwujudkan di sekitar PUO menggunakan kaedah statik dan cara pemprosesannya adalah menggunakan kaedah *post-processing* (CORS) bagi mendapatkan koordinat yang muktamad. Hasil keputusan dari pemprosesan data menghasilkan koordinat datum GDM2000 seperti Jadual 3 kerana ianya menggunakan stesen MyRTKnet sebagai kekangan (fixed).

Jadual 3. Koordinat CRM dalam Koordinat Datum GDM2000

BIL	NO STN	KOORDINAT GDM 2000		
		Latitud	Longitud	Ketinggian Elipsoid
1	CRM4	4°35'16.36652"	101°07' 27.06533"	37.656
2	CRM5	4°35'18.27394"	101°07' 33.76846"	39.299
3	CRM6	4°35'19.70597"	101°07' 33.54089"	39.540
4	TBM1	4°35'15.63725"	101°07' 21.67360"	37.708

Bagi kaedah GNSS, kesemua koordinat CRM dalam GDM2000 (*geographical coordinate*) telah diunjurkan kepada Cassini Geosentrik serta ketinggian dari ukuran GNSS juga ditukarkan ke ketinggian ortometrik seperti dalam Jadual 4.

Jadual 4. Koordinat CRM dalam Koordinat Cassini Geosentrik

BIL	NO STN	CASSINI GEOSENTRIK		
		Utaraan	Timuran	Ketinggian Ortometrik
1	CRM4	-29981.12	34263.43	44.416
2	CRM5	-29922.44	34470.01	46.048
3	CRM6	-29878.46	34462.98	46.290
4	TBM1	-30003.6	34097.24	44.477

3.2. Data Aras Jitu

Ketepatan kerja adalah berdasarkan formula; had tikaian = $(0.012 \sqrt{K})$ m di mana K adalah jumlah jarak dalam kilometer. Had tikaian bagi keempat-empat tanda adalah memenuhi had tikaian yang dibenarkan. Hasil bagi keempat-empat tanda dengan ukuran aras jitu adalah seperti dalam Jadual 2.

Jadual 2. Nilai ketinggian data aras jitu bagi stesen di PUO

Bil	No. Stesen	Nilai ketinggian (H)
1	CRM4	44.575
2	CRM5	46.106
3	CRM6	46.371
4	TBM1	44.577

3.3. Perbezaan Ketinggian Tanda Aras

Jadual 5 menunjukkan perbandingan perbezaan ketinggian tanda aras bagi ketinggian dari kaedah GNSS dibandingkan dengan kaedah ukur aras.

Jadual 5. Perbezaan ketinggian aras

BIL	No. Stesen	Ketinggian		Beza
		Ortometrik	Aras Jitu	
1	CRM4	44.416	44.575	-0.159
2	CRM5	46.048	46.106	-0.058
3	CRM6	46.290	46.372	-0.082
4	TBM1	44.477	44.577	-0.100

Daripada Jadual 5 di atas, nilai bagi tanda CRM5 dengan nilai ketinggian 46.106 memberikan perbezaan aras yang kecil iaitu 0.058 m berbanding tanda CRM yang lain. Selisih bagi tanda CRM lain adalah agak besar berbanding CRM 5 dan ini berkemungkinan selisih tersebut datangnya daripada nilai yang dihasilkan melalui kaedah pengukuran aras jitu.

4. Kesimpulan dan Cadangan

Kajian yang dijalankan adalah bertujuan untuk menentukan ketinggian Ortometrik bagi tiga (3) tanda *Cadastral Reference Mark* (CRM) dan tanda aras sementara di PUO berdasarkan pengukuran aras jitu dan pengukuran GNSS. Nilai ketinggian ini dapat digunakan sebagai panduan utama bagi membantu para pensyarah dan pelajar di Jabatan Kejuruteraan Awam khasnya dan amnya di PUO dalam proses pengajaran dan pembelajaran dalam bidang kejuruteraan sekaligus membolehkan maklumat ketinggian aras digunakan bagi projek-projek pembangunan di PUO pada masa hadapan.

Berdasarkan data yang dihasilkan, kajian telah berjaya mencapai objektif iaitu bagi mewujudkan nilai CRM dan nilai datum tegak pada tanda CRM di Politeknik Ungku Omar dan perbandingan data. Hasil dari data perbandingan yang diperolehi, data bagi CRM4 dan TBM1 perlu melalui penambahahan cadangan seperti cerapan GNSS yang lebih lama perlu dilakukan iaitu sekurang-kurangnya 2 jam dan dua sesi cerapan untuk mencapai kejituan yang tinggi dalam penentuan koordinat, memperbanyakkan lagi stesen CRM supaya hasil perbandingan dan implikasi ke atas ketinggian diketahui serta prosidur bagi aras jitu ditepati sepenuhnya.

Rujukan

- Kavanagh, B. (2000). *"Surveying Principles And Applications"*. Prentice-Hall.
- Mohamed, A. (2003). *An Investigation of The Vertical Control Network in Peninsular Malaysia Using a Combination of Levelling, Gravity, GPS and Tidal Data*. Universiti Teknologi Malaysia.
- Mustafar, M. A. (2005). *Kajian Jaringan Kawalan Pugak di Sarawak* . Universiti Teknologi Malaysia.
- Malaysia, J. U. (1999). "Garis Panduan Pengukuran Menggunakan Alat Sistem Penentuan Sejagat (GPS) Bagi Ukuran Kawalan dan Ukuran Kadaster". *Pekeliling Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan Bil 6 Tahun 1999*.
- Malaysia, J. U. (2005). "Garis Panduan Mengenai Penggunaan Perkhidmatan Malaysia RTK GPS Network (My RTKnet)". *Pekeliling Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan Bil 9 Tahun 2005*.
- Malaysia, J. U. (2009). "Peraturan Ukur Kadaster 2009". *Pekeliling Ketua Pengarah Ukur dan Pemetaan Bil 5 Tahun 2009*.
- Ziloski, D. R. (1992). Results of the General Adjustment of the North American Vertical Datum of 1988. *Journal of Surveying and Land Information Systems*, Vol. 52: ms. 133-149.