

PENGESANAN SELISIH BERBILANG LALUAN GPS MELALUI CERAPAN PELBAGAI ANTENA

Zulkarnaini Mat Amin

Md. Nor Kamaruddin, Phd

Wan Aziz Wan Akib, Phd

Jabatan Kejuruteraan Geomatik

Fak. Kejuruteraan & Sains Geoinformasi

Universiti Teknologi Malaysia

Skudai, Johor

zulkarnain@fksg.utm.my

ABSTRAK

Teknik pengukuran GPS merupakan satu kaedah pengukuran di mana kedudukan stesen di bumi dapat ditentukan melalui satelit GPS yang berada di angkasa lepas. Satelit tersebut akan memancarkan isyaratnya dan diterima oleh alat penerima di bumi. Namun begitu, sebelum isyarat yang dipancarkan itu tiba ke alat penerima, ia terlebih dahulu terdedah kepada beberapa selisih yang di antaranya adalah selisih berbilang laluan. Selisih ini berlaku apabila isyarat yang sampai kepada alat penerima melebihi dari satu laluan iaitu datang dari arah yang berbagai-bagai. Fenomena ini berlaku kerana adanya pembalikan daripada permukaan bumi atau dari objek-objek yang tinggi pembalikannya seperti bangunan yang terdapat dipersekutaran stesen cerapan. Ini menyebabkan alat penerima menerima isyarat satelit bukan hanya dari satu sumber tetapi juga dari sumber yang lain. Selisih ini merupakan salah satu faktor penting dalam mempengaruhi ketepatan sesuatu pengukuran, terutamanya dalam kerja-kerja yang berkejadian tinggi. Kertas kerja ini akan membincangkan mengenai pengesanan selisih di atas melalui cerapan yang dilakukan oleh dua jenis antena yang berbeza daripada segi rekabentuknya. Kewujudan selisih berbilang laluan daripada cerapan ini dibuktikan melalui analisis terhadap *residual* cerapan GPS.

Katakunci: GPS, Selisih berbilang laluan, Antena, Residual.

1.0 PENGENALAN

Global Positioning System (GPS) merupakan sistem penentududukan berdasarkan satelit yang telah merevolusikan tugas dalam bidang navigasi dan pengukuran. Di antara kriteria-kriteria yang terdapat pada GPS adalah ianya mempunyai ketepatan penentududukan relatif yang tinggi, isyaratnya dapat menembusi awan, hujan dan boleh digunakan sama ada siang ataupun malam pada sebarang keadaan cuaca dan boleh digunakan 24 jam sehari. Selain daripada itu juga, maklumat kedudukan yang diperolehi boleh didapati dalam bentuk tiga dimensi (3D), iaitu ianya dapat membekalkan maklumat menegak dan mendatar mengenai sesuatu titik.

Setiap satelit GPS memancarkan isyarat navigasi yang unik berdasarkan dua jalur frekuensi gelombang elektromagnet iaitu L1 pada 1575.42 *Mhz* dan L2 pada 1227.60 *Mhz*. Pada frekuensi gelombang mikro ini, isyaratnya adalah mengikut arah dan

menyebabkan ianya mudah disekat dan dibalikkan oleh objek padu dan permukaan air. Bagaimanapun, awan masih boleh ditembusi, tetapi isyarat ini boleh disekat jika melalui kabus tebal dan rimbunan daun basah yang lebat. Pada asasnya, isyarat satelit GPS mengandungi (Hoffman-Wellenhof et.al., 1997, Leick, 1995 dan Wells et. al. ,1987):

- i. Dua gelombang pembawa jalur – L (L1 dan L2).
- ii. Kod pengukuran jarak yang dimodulasikan kepada gelombang pembawa.
- iii. Mesej navigasi.

Kesemua komponen isyarat diterbitkan daripada output jam atom yang berstabil tinggi. Setiap satelit GPS dilengkapi dengan dua jam *atom cesium* dan dua jam *atom rubidium*. Jam ini akan menjanakan gelombang sinus pada frekuensi $f_o = 10.23$ Mhz. Frekuensi ini dikenali sebagai frekuensi asas.

Walaupun GPS telah banyak membantu bidang navigasi dan pengukuran, terdapat situasi di mana penyelesaian oleh GPS adalah tidak dipercayai atau tidak diperolehi. Kes pertama berlaku disebabkan oleh geometri satelit yang tidak elok dan pembalikan berbilang isyarat atau lebih dikenali sebagai selisih berbilang laluan GPS. Situasi kedua pula berlaku apabila isyarat GPS tidak sampai kepada antena disebabkan oleh kesan bayangan daripada bangunan tinggi dan lain-lain di kawasan perbandaran. Situasi pertama yang dikenali sebagai selisih berbilang laluan GPS yang akan diterangkan dalam seksyen berikutnya merupakan objektif utama kajian dalam kertas kerja ini. Untuk tujuan ini, beberapa siri cerapan GPS telah dilakukan dengan menggunakan dua jenis antena iaitu antena khusus untuk mengatasi masalah berbilang laluan GPS (*ground plane*) dan antena biasa yang dibekalkan oleh pengeluar alat. Analisis data dilakukan terhadap *residual* cerapan GPS fasa pembawa sahaja (khususnya *L1 double difference residuals*) dengan menghitung nilai statistik dan perbandingan data secara grafik.

2.0 SELISIH BERBILANG LALUAN GPS

Selisih pelbagai laluan terjadi apabila sebahagian dari isyarat yang dipancarkan dari satelit dibalikkan oleh permukaan bumi atau permukaan yang mempunyai kuasa pembalikan yang tinggi sebelum isyarat tersebut sampai ke alat penerima. Kesan ini juga berlaku apabila isyarat yang sampai kepada alat penerima melebihi dari satu laluan iaitu datang dari arah yang berbagai-bagai. Fenomena ini berlaku kerana pembalikan daripada permukaan bumi atau daripada objek-objek yang tinggi pembalikannya seperti bangunan yang terdapat dipersekutuan stesen cerapan. Ini menyebabkan alat penerima menerima isyarat satelit bukan hanya daripada satu sumber tetapi juga daripada sumber yang lain. Isyarat gangguan ini juga sama ada tidak boleh ditafsir kod atau difahami oleh penerima GPS

Magnitud dari kesan pelbagai laluan ini bergantung kepada beberapa faktor :-

- i. Kedudukan dan jenis permukaan pembalikan yang terletak berdekatan dengan pengguna.
- ii. Tinggi alat penerima dari permukaan bumi.
- iii. Isyarat jarak gelombang GPS.

Berdasarkan kepada faktor di atas adalah jelas iaitu isyarat yang diterima daripada satelit rendah adalah lebih terdedah kepada selisih berbilang laluan berbanding isyarat daripada satelit tinggi. Selain daripada itu juga, kod julat lebih dipengaruhi oleh kesan ini berbanding fasa pembawa. Untuk epok bacaan tunggal, kesan selisih ini boleh mencecah sehingga 10-20 m untuk kod julat semu (Evans, 1986 dan Wells et.al, 1987). Kesan selisih ini untuk fasa pembawa pula bagi garis dasar pendek adalah sekitar 1 cm (untuk geometri satelit yang baik dan tempoh cerapan yang lama).

Pelbagai kaedah telah digunakan untuk mengurangkan selisih ini misalnya dengan membuat pilihan antena yang mempunyai kemudahan pengutupan isyarat atau dengan teknik penurasan isyarat dan penggunaan antena *ground plane* atau *choke ring*. Walaubagaimanapun, kaedah yang paling efektif dalam mengatasi masalah selisih ini ialah dengan mengelak daripada kawasan atau persekitaran yang memungkinkan berlakunya kesan berbilang laluan seperti bangunan dan lain-lain permukaan memantul.

3.0 PENGUTIPAN DATA

Pengumpulan data bagi kajian ini terbahagi kepada dua peringkat iaitu peringkat pertama dan peringkat kedua. Cerapan peringkat pertama adalah lebih menjurus kepada perbandingan hasil cerapan terhadap dua kawasan yang berlainan iaitu di antara kawasan yang lapang dan kawasan yang dipercayai mempunyai pengaruh selisih berbilang laluan yang ketara. Manakala pada cerapan peringkat kedua pula, ia lebih tertumpu kepada penilaian kesan selisih berbilang laluan pada dua hari yang berturutan.

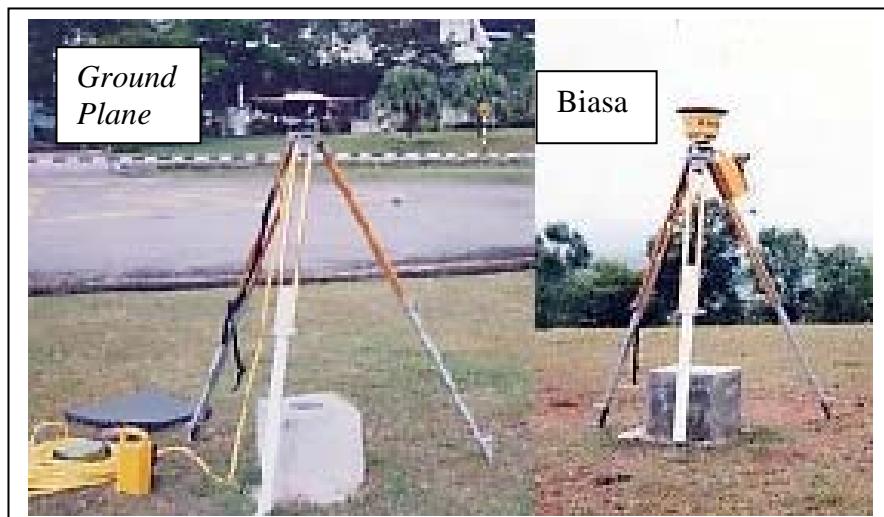
Bagi proses pengutipan data untuk peringkat pertama ini, cerapan telah dilakukan di tiga tempat yang berbeza iaitu di stesen G11, G12 dan G13. Stesen G01 yang telah diketahui kedudukannya dipilih sebagai stesen rujukan. Cerapan yang dilakukan adalah pada dua hari yang berturutan iaitu pada 25/01/03 dan 26/01/03 dan jangkamasa cerapan telah dilakukan selama dua jam. Namun apa yang diberi perhatian dalam pengutipan data bagi kajian ini, waktu cerapan yang dilakukan pada kedua-dua hari tersebut adalah pada waktu yang sama supaya satelit yang akan dijejaki sentiasa berada dalam geometri yang sama sewaktu cerapan dilakukan. Stesen G11 dan G12 dipilih kerana ia mewakili dua kawasan yang berbeza iaitu pada kawasan yang lapang (G11) dan yang dikenalpasti mempunyai faktor selisih berbilang laluan yang banyak (G12). Kriteria yang sama digunakan untuk sesi cerapan peringkat kedua yang melibatkan stesen tambahan iaitu G13. Dalam kes ini, antenna biasa digunakan dan ianya dilakukan untuk melihat kesekaitan antara dua hari cerapan yang berurutan.

Dalam kedua-dua peringkat pengutipan data, alat penerima *Trimble GPS* 4700 dan 4800 telah digunakan. Disamping itu, dua jenis antena iaitu daripada jenis *ground plane* dan biasa telah digunakan. Ini adalah bertujuan untuk melihat perbezaan hasil daripada penggunaan kedua-dua antena tersebut. Secara keseluruhannya, empat penerima GPS telah digunakan. Cerapan telah dilakukan ketika nilai GDOP (*Geometric Dilution of Precision*) kurang daripada 3.0 dan selama cerapan adalah 15 minit untuk tempoh cerapan selama dua jam. Nilai GDOP

mengukur geometri satelit dengan merujuk kepada lokasi cerapan. Jadual 1 menunjukkan sesi cerapan yang telah digunakan, lokasi stesen dan jenis antena yang digunakan bagi peringkat pertama dan kedua kajian. Rajah 1 pula menunjukkan dua jenis antena yang telah digunakan.

HARI CERAPAN	LOKASI STESEN	ANTENA
25 Jan 2003	G01 (Stn Rujukan)	<i>Ground Plane</i>
	G11	<i>Ground Plane</i>
	G12	<i>Ground Plane</i>
	G13	Biasa
26 Jan 2003	G01 (Stn Rujukan)	Biasa
	G11	Biasa
	G12	Biasa
	G13	Biasa

Jadual 1: Sesi Cerapan, Lokasi Stesen dan Penggunaan Antena



Rajah 1: Dua Jenis Antena yang Digunakan.

4.0 ANALISIS DATA

Kesemua data mentah cerapan telah diproses menggunakan perisian *Trimble Geomatic Office* (TGO). Selain daripada berkemampuan untuk memproses garis dasar, perisian ini juga mengandungi modul-modul tambahan untuk pelarasan jaringan, transformasi koordinat dan lain-lain lagi. Dalam kajian ini, pemprosesan data melibatkan perhitungan maklumat ketepatan cerapan dan perolehan data *residual* cerapan bagi setiap satelit. Daripada segi analisis data pula, ia boleh dikelaskan kepada tiga iaitu;

- i. Perbandingan kualiti cerapan antara dua stesen yang berbeza daripada segi persekitarannya;
- ii. Analisis *residual* bagi setiap satelit dengan merujuk kepada antena yang digunakan di kawasan yang ideal (tiada selisih berbilang laluan) dan

- kawasan yang terdapat faktor pemantulan seterusnya memberi kesan kepada selisih berbilang laluan;
- iii. Analisis *residual* hari ke hari bagi kes cerapan berturutan selama dua hari.

4.1 Perbandingan Kualiti Data

Analisis ini merujuk kepada kualiti hasil cerapan di antara dua alat penerima yang berbeza seperti yang diterangkan sebelum ini. Parameter yang dikaji dalam perbandingan ini adalah nilai nisbah (*ratio*), varians rujukan (*reference variance*) dan juga min selisih punca kuasa (*RMS*) setiap cerapan yang dilakukan. Nisbah adalah hubungan antara dua varians yang dijana oleh carian integer daripada pemprosesan. Nisbah yang tinggi menunjukkan perbezaan yang tinggi antara dua pilihan yang terbaik. Pemprosesan garis dasar adalah lebih yakin dengan integer yang mempunyai kejituhan yang lebih tinggi. Perkara lain yang boleh dikaitkan dengan *ratio* adalah:

- Nilai nisbah yang tinggi adalah baik bagi setiap cerapan.
- Nilai nisbah menunjukkan petanda kualiti setiap cerapan GPS.
- Hanya penyelesaian integer tetap sahaja yang mempunyai nisbah.

Pemprosesan garis dasar hanya mempertimbangkan nisbah penyelesaian jika nisbah tersebut melebihi 1.5. Walaubagaimanapun, nilai nisbah ini boleh bertukar kepada nilai yang lebih tinggi atau lebih rendah. Varians rujukan pula merupakan nilai yang menunjukkan bagaimana data yang diambil menepati kehendak garis dasar. Pemprosesan garis dasar akan menjangkakan ralat sebelum pemprosesan data tersebut. Semasa pemprosesan data, ia akan membandingkan ralat yang dijangkakan dengan ralat yang telah didapati. Jika ralat tersebut sama, nilai bacaan varians rujukan sepatutnya adalah 1.000.

Kualiti bagi penyelesaian garis dasar kebanyakannya bergantung kepada hingar pengukuran dan juga geometri satelit. *RMS* menggunakan hingar pengukuran cerapan jarak satelit untuk menunjukkan kualiti penyelesaian. Ia juga bergantung kepada geometri satelit dan nilai *RMS* yang lebih kecil adalah lebih baik.

Jadual 2 menunjukkan perbandingan nilai nisbah, varians rujukan dan *RMS* yang diperolehi daripada pemprosesan data hasil daripada 2 hari cerapan yang dilakukan. Daripada jadual tersebut jelas menunjukkan bahawa dengan menggunakan antena *ground plane* (25/01/03) akan mendapat keputusan yang lebih baik berbanding dengan menggunakan antena biasa (26/01/03). Sebagai contoh, daripada jadual didapati, garis dasar dari G01 ke G11 mempunyai nilai nisbah sebanyak 23.335, manakala bagi cerapan hari kedua (26/01/03) pula adalah sebanyak 22.034. Bagi pemprosesan garis dasar daripada G01 ke G12 pula, memberi nilai nisbah yang agak kecil iaitu 3.656 bagi hari pertama dan 3.629 bagi hari kedua. Ini adalah kerana terdapatnya faktor selisih berbilang laluan memandangkan stesen G12 terletak berdekatan dengan bangunan berbanding dengan kedudukan G11 yang berada di kawasan yang lapang.

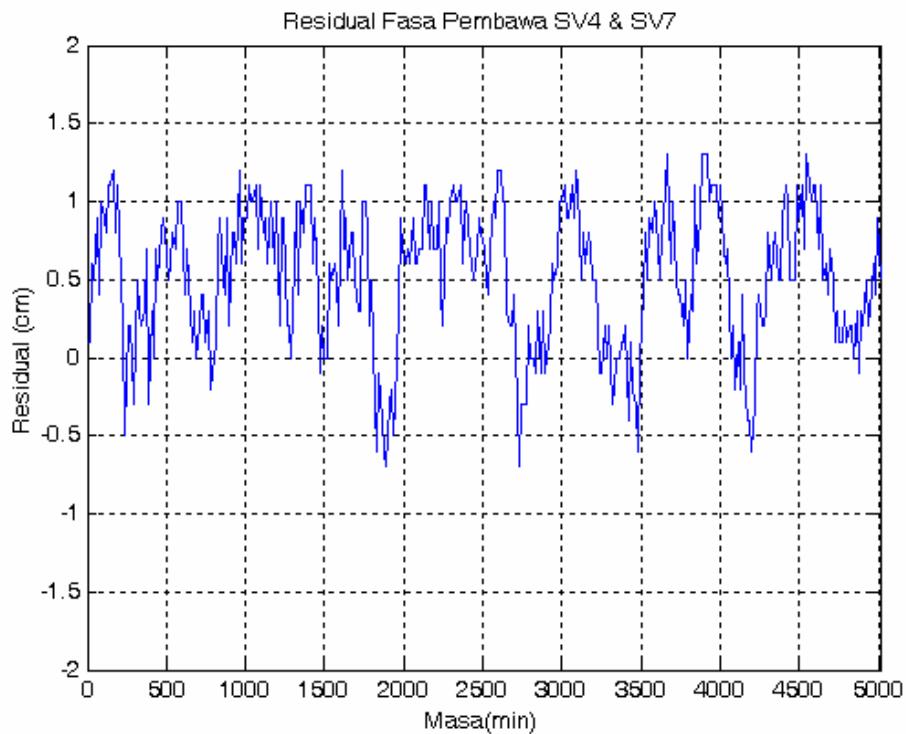
TARIKH	GARIS DASAR	NISBAH	VARIANS RUJUKAN	RMS	ANTENA
25/ 01/ 03	G01 ke G11	23.335	5.252	0.006	<i>Ground Plane</i>
	G01 ke G12	3.656	15.552	0.015	<i>Ground Plane</i>
26/ 01/ 03	G01 ke G11	22.034	5.838	0.008	Biasa
	G01 ke G12	3.629	21.287	0.016	Biasa

Jadual 2: Kualiti Cerapan Sesi Pertama dan Kedua

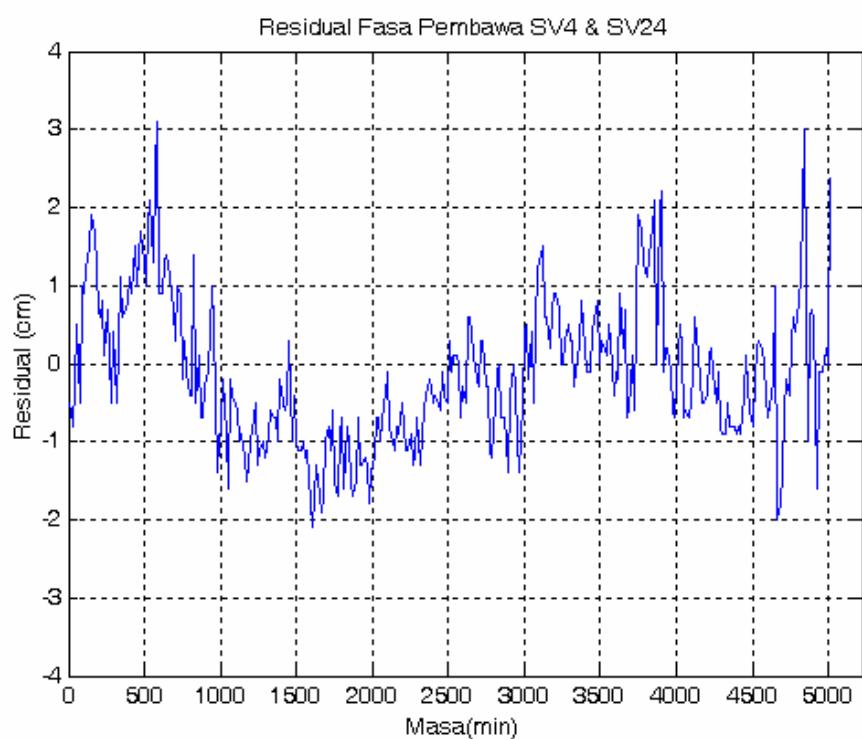
4.2 Analisis Residual

Selain daripada faktor nisbah, varians rujukan dan juga *RMS*, kita juga boleh melihat kualiti cerapan bagi setiap satelit yang dijejaki semasa proses pengutipan data melalui *residual* cerapan. *Residual* adalah nilai perbezaan antara kuantiti cerapan dan nilai terhitung untuk kuantiti tersebut iaitu nilai fasa pembawa dalam kes ini. Nilai-nilai *residual* dianalisis untuk menentukan kesan selisih berbilang laluan terhadap pengukuran fasa pembawa. Dalam kajian ini hanya *residual* daripada cerapan fasa pembawa L1 sahaja digunakan. Ianya diplot berlawaan masa bagi dua senario yang berbeza iaitu kawasan yang dijangkakan bebas daripada kesan berbilang laluan dan kawasan memantul.

Rajah 2 menunjukkan nilai *residual* cerapan di antara hari pertama dan kedua bagi gabungan dua satelit iaitu satelit SV4 dan SV7 pada stesen cerapan G11 (bebas gangguan). (Perbezaan *residual* dihitung daripada kedua-dua SV berkenaan). Rajah 3 pula menunjukkan perbandingan di antara dua hari cerapan yang telah dilakukan pada kawasan yang mempunyai faktor seliseh berbilang laluan iaitu G12. Kawasan kajian tersebut adalah berhampiran dengan bangunan. Sebagaimana yang telah diterangkan dalam Seksyen 2, keadaan sekeliling yang berhampiran dengan stesen cerapan memainkan peranan yang penting dalam setiap cerapan GPS. Rajah tersebut menunjukkan nilai fasa L1 bagi *residual* cerapan untuk pasangan satelit SV8 dan SV24 pada dua hari cerapan. Nilai sisihan piawai bagi Rajah 2 adalah 0.451 sm, manakala bagi Rajah 3 pula, nilai tersebut adalah 0.933 sm.

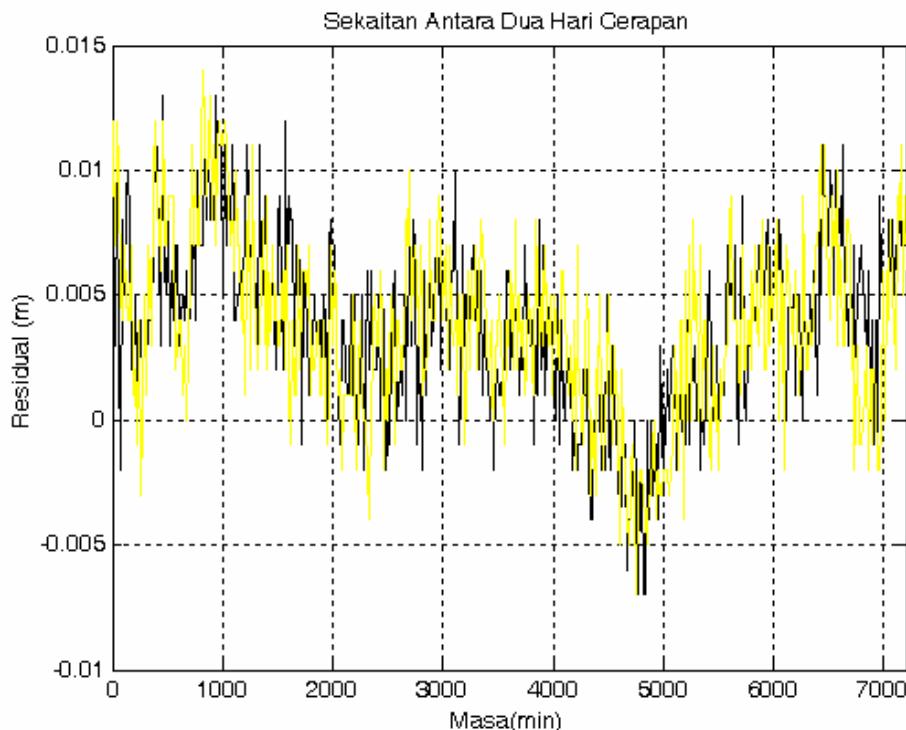


Rajah 2: Residual Untuk Stesen G11.



Rajah 3: Residual Untuk Stesen G12.

Selain daripada dua rajah yang ditunjukkan dalam mukasurat sebelah, analisis juga dilakukan terhadap *residual* cerapan bagi dua hari yang berturutan. Rajah 4 menunjukkan *residual* bagi perbezaan antara satelit SV4 dan SV7 untuk dua hari cerapan yang telah dilakukan. Kedua-dua cerapan tersebut telah dilakukan pada hari, waktu serta menggunakan peralatan yang sama.



Rajah 4: Kesekaitan antara Dua Hari Cerapan Berdasarkan SV4 dan SV7.

Daripada rajah di atas didapati selisih berbilang laluan berlaku pada masa yang sama selama dua hari berturut-turut (Garisan gelap dan cerah kelihatan bertindih.). Nilai kesekaitan bagi dua set cerapan tersebut adalah 0.548. Kesekaitan hari ke hari ini boleh digunakan untuk menghapuskan kesan selisih berbilang laluan. Sebagai contoh, untuk tujuan kerja-kerja pengawasan struktur menggunakan GPS, cerapan selama dua hari berturut-turut dapat menghapuskan selisih berbilang laluan dan nilai perbezaan cerapan mewakili ciri-ciri sebenar sesuatu objek dalam pengawasan.

5.0 KESIMPULAN

Kertas kerja ini telah membincangkan mengenai pengesanan selisih berbilang laluan melalui cerapan yang dilakukan oleh dua jenis antena yang berbeza daripada segi rekabentuknya iaitu *ground plane* dan biasa. Kewujudan selisih berbilang laluan daripada cerapan ini dibuktikan melalui analisis terhadap *residual* cerapan GPS. Daripada keputusan di atas di dapati selisih berbilang laluan telah dapat dikesan di kawasan yang mempunyai faktor-faktor pemantulan isyarat GPS seperti di stesen G12. Bagi kawasan yang terang dan bebas daripada gangguan pantulan seperti di stesen G11, nilai *residual* masih dipengaruhi oleh selisih-selisih lain seperti

peralatan dan hingar frekuensi tinggi. Selain daripada itu, keputusan ini juga menyaksikan keupayaan antena khas seperti *ground plane* untuk tujuan pengurangan kesan berbilang laluan. Keputusan ini dibuktikan oleh data yang ditunjukkan dalam Jadual 2.

Keputusan lain yang sangat bermakna dalam kajian ini ialah pengesahan teknik pengurangan selisih berbilang laluan melalui perbezaan cerapan pada dua hari yang berturut-turut. Kesekaitan hari ke hari ini sangat berguna dalam penggunaan GPS bagi kerja-kerja pengawasan misalnya pengawasan berterusan struktur. Melalui cerapan berterusan GPS seperti *Real Time Kinematic* (RTK), hasil daripada dua hari cerapan perlu dibezakan untuk mendapatkan kedudukan sebenar objek dalam pengawasan.

Penghargaan. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Jumali Mohd Ismail di atas pengutipan dan pemprosesan data bagi tujuan kajian ini. Kajian ini mendapat peruntukan penyelidikan jangka pendek melalui VOT 71842, Pusat Pengurusan Penyelidikan (*RMC*), Universiti Teknologi Malaysia, 81310, UTM Skudai, Johor.

RUJUKAN

- Evans, A.G. (1986), ‘*Comparisons of Pseudorange and Biased Doppler Range Measurements to Demonstrate Signal Multipath Effects*’, Proc. of the Fourth International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Austin, Texas, p. 573-587.
- Geogiadou Y. and Kleusberg A., (1988), ‘*On Carrier Signal Multipath Effects in Relative GPS Positioning*’, *Manuscripta Geodaetica*, vol.13, p. 172-179.
- Hoffman-Wellenhof, B, Lichtenegger, B.H. and Collins, J., (1997): ‘*Global Positioning: Theory and Practice*’, 4th edition, Springer Verlag.
- Leick, A., (1995):’ *GPS Satellite Surveying*’, John Wiley & Sons, New York, USA.
- Wells,D. et al, (1987): ‘*Guide to GPS Positioning*’, Canada GPS Assoc, Fredericton, Canada