

## Analisis Antena Tampil Mikrojalur bagi Jalur L1 dan L2 bagi Aplikasi Sistem Penentududukan Global

(Analysis of Microstrip Patch Antenna for L1 and L2 for Global Positioning System Applications)

Umniyyah Ulfa Hussine, Mohammad Tariqul Islam dan Norbahiah Misran

### ABSTRAK

Satu reka bentuk antena dwi-jalur yang baru dengan gandaan yang tinggi telah dibangunkan untuk aplikasi Sistem Penentududukan Global (GPS) meliputi jalur frekuensi L1 dan L2 iaitu 1.575 GHz dan 1.227 GHz menggunakan teknik-teknik terkini pelebaran jalur lebar dan pengecilan saiz. Antena ini adalah antena lapisan tunggal yang menggunakan dua struktur slot berbentuk L. Saiz elemen tampil radiasi atas yang merujuk kepada jalur frekuensi atas, L2 adalah  $0.441 \lambda_0 \times 0.441 \lambda_0 \times 0.016 \lambda_0$  manakala saiz elemen tampil radiasi bawah pula adalah  $0.282 \lambda_0 \times 0.282 \lambda_0 \times 0.016 \lambda_0$  yang merujuk kepada jalur frekuensi bawah, L1 dengan mengambil kira  $\lambda_0$  sebagai frekuensi pusat. Reka bentuk antena ini mencapai lebar jalur galangan yang baik iaitu 52 MHz daripada 1.213 GHz hingga 1.265 GHz untuk jalur bawah, manakala jalur atas meliputi 161 MHz (1.538 hingga 1.699 GHz) dengan gandaan 6.89 dBi dan 7.26 dBi bagi kedua-dua jalur frekuensi. Analisis reka bentuk yang dijalankan dan dibentangkan dalam kertas kerja ini menunjukkan ciri-ciri sebuah antena yang berprofil rendah menjadikan antena ini sesuai untuk aplikasi GPS.

*Kata kunci:* Antena dwi-jalur; Sistem Kedudukan Global (GPS); antena tampil mikrojalur; lebar jalur

### ABSTRACT

A new dual-band antenna design with high gain have been developed for Global Positioning System (GPS) applications covering L1 and L2 frequencies of 1.575GHz and 1.227GHz using the latest widening bandwidth and downsizing techniques. This antenna is a single layer antenna consists of two L-shaped slot structure. The size of the radiation patch element that refers to the L2 frequency band is  $0.441 \lambda_0 \times 0.441 \lambda_0 \times 0.016 \lambda_0$  while the size of the radiation patch element for L1 frequency band is  $0.282 \lambda_0 \times 0.282 \lambda_0 \times 0.016 \lambda_0$  where  $\lambda_0$  corresponding to centre frequency. The design achieved an impedance bandwidth of 52 MHz from 1.213 GHz to 1.265 GHz to for the lower band, while the upper band covers 161 MHz (1.538 to 1.699 GHz) with maximum gain of 6.89 dBi and 7.26 dBi for both frequency bands. Design analysis conducted and presented in this paper shows a low-profile characteristics antenna makes this antenna is suitable for GPS applications.

*Keywords:* dual-band antenna; Global Positioning System (GPS); microstrip patch antenna; bandwidth

### PENGENALAN

Dewasa ini, reka bentuk antena dalam mengintegrasikan Sistem Penentududukan Global (*Global Positioning System* – GPS) ke dalam aplikasi komunikasi wayarles mula mendapat perhatian. Penerima GPS memerlukan ciri-ciri kompak, ringan, kuasa yang rendah dan kebolehpercayaan yang tinggi dengan keupayaan mobiliti untuk kegunaan secara umum. Untuk mencapai ketepatan dan kebolehpercayaan yang diperlukan, antena GPS yang berprestasi tinggi mestilah berupaya untuk beroperasi di dua frekuensi GPS (L1: 1575 MHz, L2: 1227 MHz). Antena mikrojalur telah digunakan secara meluas dalam aplikasi pengutuban membulat (*circular polarization*, CP) kerana ia berprofil rendah, bebanan rendah serta mempunyai

ciri-ciri radiasi yang diperlukan (Wong 2002). Walau bagaimanapun, bagi sesetengah aplikasi berfrekuensi rendah, saiz mikrojalur akan menjadi terlalu besar untuk digunakan secara praktik. Pelbagai jenis struktur antena dengan kaedah suapan yang berbeza untuk antena tampil mikrojalur CP telah dilaporkan.

Chen et al. (2010) telah mencadangkan antena berbilang lapisan menggunakan substrat dengan pemalar dielektrik yang tinggi. Lebar jalur 10 dB adalah kira-kira 15 MHz dan 25 MHz pada kedua-dua jalur frekuensi. Boccia et al. (2004) mencadangkan antena tampil terpinas berbentuk elips. Dua bentuk cincin dipunjar pada dua substrat yang tersusun dan dipisahkan oleh jurang udara. Melalui keputusan kehilangan balikan, galangan lebar jalur

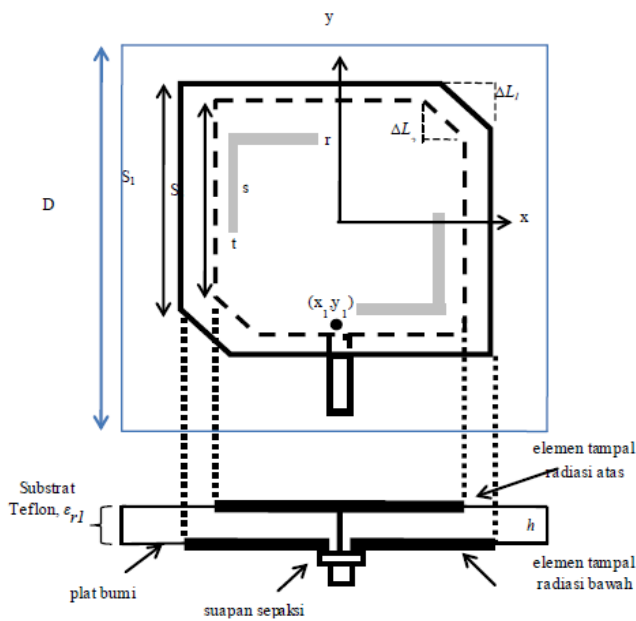
reka bentuk antenna ini mencapai julat 1.212 hingga 1.2441 GHz bagi jalur bawah, manakala bagi jalur atas adalah dari 1.557 GHz sehingga 1.5953 GHz. Walaubagaimanapun, keputusan menggunakan kaedah tradisional ini memberi peningkatan dalam saiz dan ketebalan antenna, dan proses fabrikasi yang rumit.

Sebuah lagi antenna dengan dua lapisan tampalan dengan jurang udara antara substrat telah dicadangkan (Wang et al. 2008). Gandaan yang dicapai bagi antenna ini adalah 4.4dBi dan 4.9dBi untuk jalur frekuensi L1 dan L2. Baru-baru ini, beberapa reka bentuk antenna tampal mikrojalur yang disusun tanpa jurang udara telah direka untuk aplikasi GPS (Peng et al. 2005; Chufarov et al. 2009). Walau bagaimanapun, gandaan yang dicapai untuk kedua-dua antenna adalah di bawah 6.7dBi untuk L1 dan 6.35dBi untuk L2.

Kertas kerja ini menghasilkan reka bentuk dwi-jalur yang memenuhi radiasi pengutuban membulat menggunakan suapan tunggal dengan reka bentuk tampal tunggal untuk aplikasi GPS. Butiran reka bentuk antenna yang dicadangkan dibentangkan dan dibincangkan.

REKA BENTUK DAN STRUKTUR ANTENA

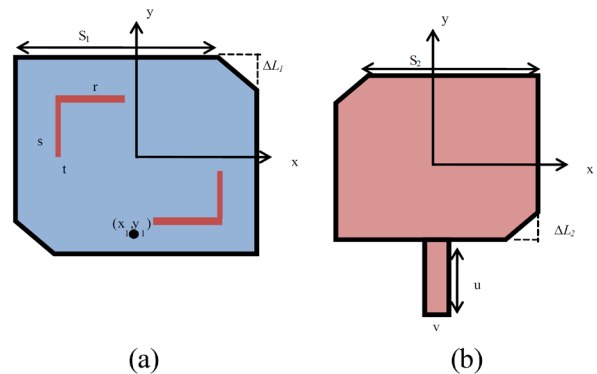
Konfigurasi struktur antenna adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Ia terdiri daripada satu lapisan substrat iaitu Teflon dengan ketebalan 4 mm. Antenna ini menggunakan suapan sepaksi 50 Ω dengan diameter luar 2 mm dan diameter dalam 0.6 mm. Kedudukan substrat dan elemen tampal berpusat di atas plat bumi aluminium berbentuk segiempat dengan diameter 100 mm dan ketebalan 1 mm. Elemen tampal radiasi bawah juga bertindak sebagai plat bumi.



RAJAH 1. Reka bentuk geometri antenna

Setiap elemen tampal radiasi mempunyai bentuk hampir segiempat tepat dengan mengambil kira  $\lambda_o$  sebagai frekuensi pusat pada jalur frekuensi 1.227 GHz dan 1.575 GHz. Saiz elemen tampal radiasi atas yang merujuk kepada jalur frekuensi atas, L2 adalah  $0.441 \lambda_o \times 0.441 \lambda_o \times 0.016 \lambda_o$  manakala saiz elemen tampal radiasi bawah pula adalah  $0.282 \lambda_o \times 0.282 \lambda_o \times 0.016 \lambda_o$  yang merujuk kepada jalur frekuensi bawah, L1. Pemotongan pada sudut bertentangan pada tampal radiasi atas dan bawah bagi kedua-dua elemen tampal radiasi telah dilakukan bagi mewujudkan dua mod ortogon dengan anjakan fasa 90° untuk operasi CP.

Penggunaan konfigurasi slot juga diperkenalkan dalam reka bentuk antenna ini untuk menghasilkan antenna yang lebih kecil selain mewujudkan dua saluran frekuensi. Selain itu, untuk mencapai operasi CP panjang dan lebar setiap slot mesti sama dan simetri terhadap paksi ortogon. Pemotongan sudut bertentangan dan slot pada kedua-dua tampal radiasi ditunjukkan dalam Rajah 2 (a) dan Rajah 2 (b).



RAJAH 2. Reka bentuk elemen radiasi  
(a) tampal radiasi atas  
(b) tampal radiasi bawah

Apabila struktur reka bentuk dilihat dari pandangan atas seperti di Rajah 2, antenna ini dapat dilihat mempunyai dua slot-L yang berada dalam kedudukan saling setentang. Slot-L pada tampal radiasi atas mewakili frekuensi operasi pada jalur atas, manakala tampal radiasi bawah yang mewakili frekuensi operasi pada jalur bawah ditambah kemas pada satu sisi segiempat tampal radiasi tersebut. Dengan penggunaan kedua-dua tampal radiasi ini dapat mewujudkan dua laluan arus salunan untuk menghasilkan dua jalur frekuensi.

JADUAL 1. Nilai parameter struktur antenna

Parameter	Dimensi (mm)
$S_1$	79.0
$S_2$	65.0
$D$	100.0
$x_1$	0.0
$y_1$	30.0
$\Delta L_1$	4.0
$\Delta L_2$	6.0
$r$	20.0
$s$	20.0
$t$	1.0
$\epsilon_r$	2.08
$h$	4.0



RAJAH 3. Prototaip antenna yang dibangunkan

Nilai-nilai dimensi reka bentuk antenna ini disenaraikan dalam Jadual 1 yang mana merupakan nilai optimum reka bentuk dalam unit mm. Antena ini telah dibangunkan dan prototaip antenna ini ditunjukkan dalam Rajah 3. Pada dasarnya, parameter-parameter asas seperti lebar,  $W$  dan panjang,  $L$  bagi reka bentuk awal sesebuah antenna adalah dikira pada frekuensi pusat salunan,  $f_o$  dengan pemalar dielektrik,  $\epsilon_r$  berbandukan persamaan 1, 2, 3 dan 4 di bawah (Bahl dan Bhartia 1980).

$$W = \frac{c}{2f_o} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} \quad (1)$$

$$L = \frac{c}{2f_o \sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta l \quad (2)$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{\left(1 + \frac{10h}{W}\right)} \quad (3)$$

$$\Delta l = 0.4212h \frac{(\epsilon_r + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_e - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (4)$$

Nilai  $c$  adalah  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ , iaitu kelajuan cahaya dalam ruangan bebas. Persamaan bagi mendapatkan keluasan saiz plat bumi ( $L_g \times W_g$ ) pula diberikan dalam persamaan 5 dan 6.

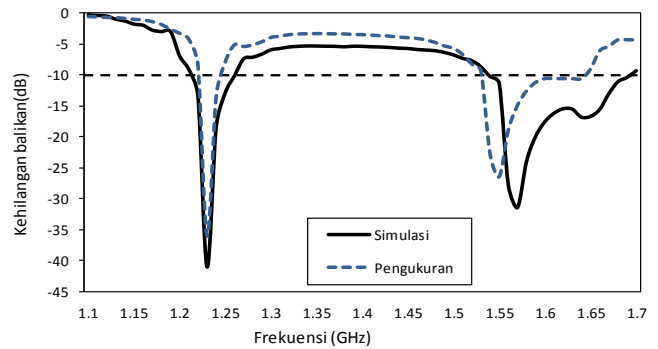
$$L_g = 6h + L \quad (5)$$

$$W_g = 6h + W \quad (6)$$

Di mana  $h$  merupakan ketebalan substrat antenna.

## KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Pembinaan prototaip dimulakan dengan menentukan spesifikasi produk, mereka bentuk produk secara simulasi dan membina prototaip seterusnya menguji kecekapannya. Dengan berbandukan keputusan pengujian, prototaip dinilai dan perubahan dilakukan bagi menghasilkan reka bentuk yang optimum. Prestasi antenna telah dikaji menggunakan perisian elektromagnetik gelombang penuh serta kaedah *method-of-moment*, Zeland IE3D versi 12.0.



RAJAH 4. Perbandingan keputusan simulasi dan pengukuran kehilangan balikan antenna

Rajah 4 menunjukkan perbandingan keputusan simulasi dan pengukuran kehilangan balikan bagi antenna yang dibangunkan. Dapat dilihat bahawa antenna ini dapat menyalun pada dua frekuensi iaitu 1.227 GHz dan pada 1.575 GHz dengan nilai kehilangan balikan pada -41 dB dan -31.42 dB. Manakala lebar jalur pula adalah 52 MHz bagi jalur bawah dan 161 MHz bagi jalur atas secara simulasi.

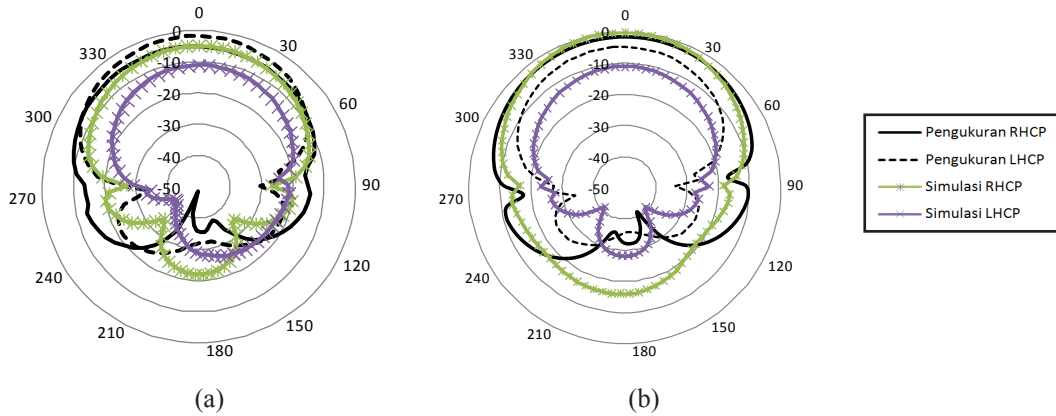
Keputusan pengukuran pula menunjukkan frekuensi salunan pada 1.227 GHz dan 1.575 GHz dengan kehilangan balikan pada -36 dB dan -26.43 dB. Lebar jalur mencatatkan sebanyak 29 MHz (julat frekuensi dari 1.219 GHz – 1.248 GHz) dan 109 MHz (1.538 GHz – 1.647 GHz). Keputusan pengukuran ini menunjukkan hasil yang hampir sama dengan keputusan simulasi. Walau bagaimanapun, peratus lebar jalur bagi jalur atas dan bawah sedikit menurun berbanding keputusan simulasi. Graf menunjukkan frekuensi salunan bagi jalur atas mengalami anjakan kebelakang sebanyak 20 MHz dari keputusan simulasi.

Walaupun bagaimanapun, tidak terdapat sebarang mekanisme tepat yang menyebabkan perbezaan yang ketara. Perbezaan lebar jalur adalah kecil. Selain itu, kuasa yang diterima dan lebar jalur yang luas turut diambil perhatian. Perbezaan keputusan simulasi dan pengukuran yang lebih kritikal bergantung kepada kedudukan suapan sepaksi sebenar kerana ruang suapan yang sempit. Dalam erti kata lain, pendekatan simulasi yang dipertimbangkan memfokuskan keluasan lebar jalur.

Perbezaan yang berlaku ini mungkin disebabkan oleh penghampiran pengiraan yang dilakukan dalam perisian berpunca daripada struktur reka bentuknya yang kompleks. Ini kerana perilaku antenna bergantung kepada pelbagai

faktor yang mana perisian simulasi hanya akan mengambil senario yang terbaik sahaja. Selain daripada itu, ia juga

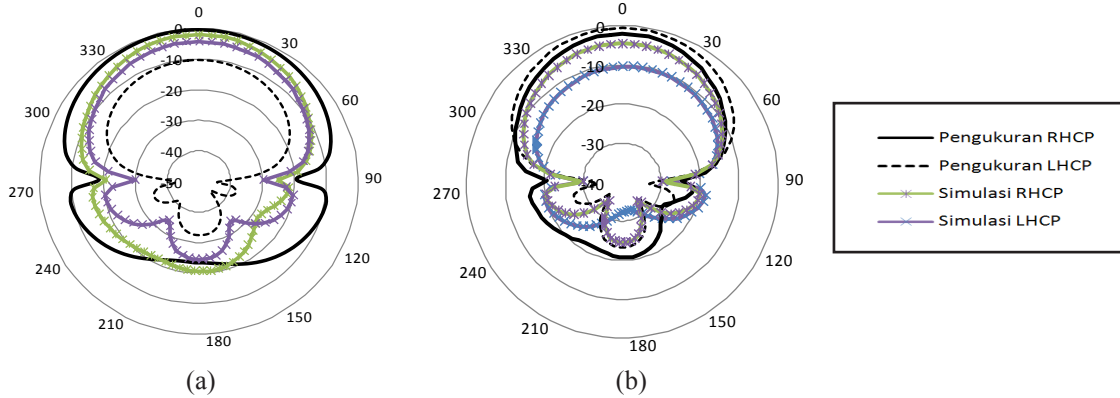
mungkin disebabkan oleh ralat semasa proses fabrikasi dijalankan.



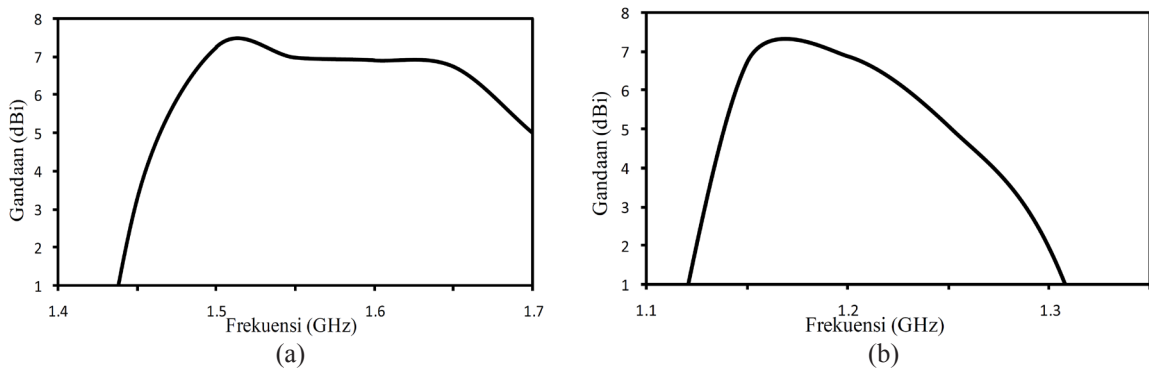
RAJAH 5. Keputusan corak radiasi simulasi dan pengukuran pada 1.227 GHz pada (a) satah E (b) satah H

Keputusan simulasi dan pengukuran corak radiasi bagi antena ini pada satah E dan H adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5 dan 6. Nilai puncak polar pengutuban bersama bagi keputusan simulasi dan pengukuran pada satah E yang dicapai adalah -0.4 dB dan -3.4 dB pada 1.227 GHz dan -0.82 dB dan -0.6 dB pada 1.575 GHz. Manakala bagi satah H, nilai puncak menunjukkan -0.93 dB dan -0.89 dB pada 1.227 Hz dan

-5.3 dB dan -6.5 dB pada 1.575 GHz. Bagi frekuensi 1.575 GHz, nilai separuh pancaran kuasa lebar (*half power beam width*, HPBW) pada adalah  $\pm 68^\circ$  pada satah E manakala pada satah H nilai HPBW adalah  $\pm 43^\circ$ . Bagi frekuensi 1.227 GHz pula, nilai HPBW adalah  $\pm 62^\circ$  pada satah E dan  $\pm 78^\circ$  pada satah H. Kecerunan adalah 1 dB/deg bagi frekuensi 1.227 GHz dan 2 dB/deg bagi frekuensi 1.575 GHz.



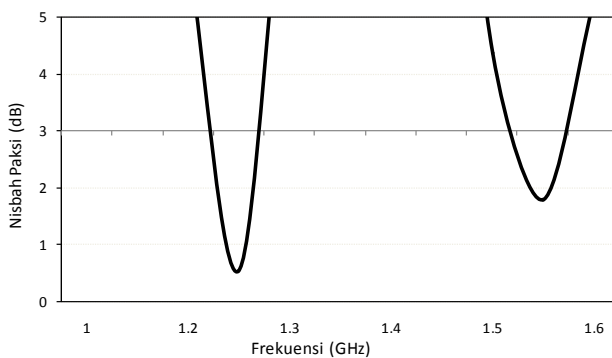
RAJAH 6. Keputusan corak radiasi simulasi dan pengukuran pada 1.575 GHz pada (a) satah E (b) satah H



RAJAH 7. Keputusan simulasi gandaan bagi (a) L1 (b) L2

Secara umumnya, terdapat keputusan yang sangat baik bagi corak radiasi antenna melalui pengukuran dan simulasi. Melalui Rajah 5 dan Rajah 6 dapat diperhatikan corak radiasi simulasi dan pengukuran menunjukkan corak hampir sama dan menghasilkan keputusan tangan kanan CP (*right-handed CP*, RHCP) yang baik. Corak radiasi melalui pengukuran menunjukkan keseimbangan arah kebelakang (-z) yang lebih jelas berbanding melalui simulasi. Oleh itu, jelas bahawa ciri-ciri radiasi antenna yang dicadangkan adalah hampir sama dengan antenna tampal konvensional lain.

Rajah 7 menunjukkan keputusan simulasi bagi nilai gandaan melawan frekuensi. Didapati antenna yang dibangunkan memberikan gandaan yang cukup baik iaitu melebihi 6 dBi bagi kedua-dua frekuensi salunan. Gandaan maksimum 6.89 dBi dan 7.26 dBi dapat dicapai pada jalur frekuensi bawah dan atas. Nisbah paksi pada arah *boresight* untuk frekuensi L1 dan L2 dibentangkan dalam Rajah 8. Berdasarkan keputusan simulasi nisbah paksi adalah menepati bagi kedua-dua jalur frekuensi. Nisbah paksi bagi jalur frekuensi atas adalah 1.787 dB dan 0.542 dB bagi jalur frekuensi bawah.



RAJAH 8. Keputusan nisbah paksi melawan frekuensi bagi Antena 2.

Keputusan simulasi menunjukkan lebar jalur bagi pengutuban membulat kekal di bawah 3 dB (1.225 - 1.251) GHz dan dari 1.548 GHz kepada 1.580 GHz, yang membuktikan polarisasi yang mencukupi ke atas kedua-dua jalur GPS. Lebar jalur bagi nisbah paksi jalur atas, L1 adalah sebanyak 32 MHz (2.03%) manakala bagi jalur bawah, L2 adalah sebanyak 26 MHz (2.12%).

#### KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, penyelidikan terhadap pembinaan antenna tampal mikrojalur dengan dua frekuensi salunan bagi aplikasi GPS telah menghasilkan satu keputusan yang baik. Hasil kajian mendapati bahawa antenna yang dibangunkan memberikan kehilangan balikan minimum pada -31.42 dB dan -41.2 dB bagi jalur L1 dan L2. Lebar jalur galangan yang baik iaitu 52 MHz telah dicapai dari 1210 MHz hingga 1262 MHz untuk jalur rendah manakala jalur tinggi meliputi 161 MHz (dari 1530 MHz hingga 1691 MHz). Lebar jalur nisbah paksi untuk jalur frekuensi atas, L1 pula

adalah 32 MHz (2.03%) dan 26 MHz (2.12%) bagi jalur frekuensi bawah, L2 dan nisbah paksi pada arah *boresight* untuk frekuensi L1 dan L2 adalah 1.787 dB dan 0.542 dB. Ini jelas menunjukkan lebar jalur bagi pengutuban membulat kekal berada bawah 3 dB.

Dari keputusan yang diperolehi, jelas bahawa antenna dwi-jalur yang dicadangkan mencapai prestasi sangat baik, yang memenuhi keperluan aplikasi GPS di frekuensi L1 dan L2 berbanding antenna sedia ada yang mempunyai struktur yang lebih besar dan kompleks serta proses fabrikasi yang agak rumit.

#### RUJUKAN

- Bahl, I. & Bhartia, P. 1980. *Microstrip Antenna*. UK: Artech House.
- Boccia, L., Amendola, G. & Massa, G. D. 2004. A dual microstrip patch antenna for high precision GPS applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters* (3): 157-160.
- Chen, S. C., Liu, G. C., Chen, X. Y., Lin, T. F., Liu, X. G. & Duan, Z. Q. 2010. Compact dual-band GPS microstrip antenna using multilayer LTCC substrate. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters* 9: 421-423.
- Chufarov, M. V., Lvova, L. A. & Babushkin, A. V. 2009. Double-band circularly-polarized antenna for Glonass-GPS applications. *IEEE International Conference on EUROCON 2009*, hlm.14-19.
- Peng, X. F., Zhong, S. S., Xu, S. Q. & Wu, Q. 2005. Compact dual-band GPS microstrip antenna. *Microwave and Optical Technology Letters* 44(1): 58-61.
- Wang, Y., Feng, J., Cui, J. & Yang, X. 2008. A dual-band circularly polarized stacked microstrip antenna with single-fed for GPS applications. *8<sup>th</sup> International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory, ISAPE 2008*, hlm.108-110.
- Wong, K. L. 2003. *Planar Antennas for Wireless Communications*. Canada: John Wiley & Sons Ltd.

Umniyyah Ulfa Hussine<sup>1</sup>, Mohammad Tariqul Islam<sup>1\*</sup> & Norbahiah Misran<sup>1,2\*\*</sup>

1. Institut Sains Angkasa  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi  
Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA.
2. Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik & Sistem  
Fakulti Kejuruteraan & Alam Bina  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi  
Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA.

Corresponding authors: e-mail:

\* tariqul@ukm.my

\*\* bahiah@eng.ukm.my; bahiah@gmail.com

Received Date: 29 December 2012

Accepted Date: 25 January 2013