

## Antena Tompok Mikrojalur Bertindan untuk Aplikasi Gandaan Tinggi (Stacked Microstrip Patch Antenna for High Gain Application)

NORBAHIAH MISRAN\*, MOHAMMAD TARIQUL ISLAM  
& FARIZAH ANSARUDIN

### ABSTRAK

*Teknik reka bentuk untuk meningkatkan gandaan bagi menambah baik prestasi antena tompok mikrojalur konvensional dibincangkan. Kaedah suapan prob tersongsang jalur lebar bagi antena tompok mikrojalur berbilang lubang alur bertindan dicadangkan. Reka bentuk tersebut menggabungkan beberapa teknik kontemporari iaitu kaedah suapan prob, struktur tompok tersongsang dan tompok berbilang lubang alur bertindan. Kesan komposit daripada penyatuan pelbagai teknik ini dan dengan memperkenalkan bentuk elemen tompok yang baru, memberikan profil yang rendah, jalur lebar yang lebih luas, gandaan tinggi dan elemen antena yang padat. Keputusan menunjukkan peningkatan gandaan di mana gandaan maksimum adalah 11.42 dBi. Reka bentuk ini sesuai untuk aplikasi tata susunan terutama untuk stesen tapak.*

*Kata kunci: Antena jalur lebar; antena tompok mikrojalur; suapan prob*

### ABSTRACT

*A novel design technique for enhancing gain that improves the performance of a conventional microstrip patch antenna is proposed. This research addresses a novel wideband probe fed inverted stacked multiple slotted microstrip patch antenna. The design adopts contemporary techniques; probe feeding, inverted patch structure and stacked multiple slotted patch. The composite effect of integrating these techniques and by introducing the novel multiple shaped patch, offer a low profile, broadband, high gain and compact antenna element. The result showed satisfactory performance with maximum achievable gain of about 11.42 dBi. The design is suitable for array applications especially for base station.*

*Keywords: Broadband antenna; microstrip patch antenna; probe fed*

### PENGENALAN

Antena tompok mikrojalur mempunyai pelbagai kelebihan seperti berprofil rendah, ringan, mudah difabrikasi, kos fabrikasi rendah dan mudah disesuaikan dengan aplikasi lain (Lau et al. 2006; Zhang & Wang 2006). Walau bagaimanapun, antena mikrojalur mempunyai nilai gandaan yang rendah (5-8 dBi) dan lebar jalur yang sempit. Untuk mengatasi masalah bagi lebar jalur galangan yang sempit dan gandaan yang rendah ini, pelbagai teknik telah dicadangkan oleh ramai penyelidik contohnya antena tindanan suapan prob, antena tompok mikrojalur dengan substrat berketebalan yang tinggi, antena tompok berlubang alur dan tompok-tompok kecil bertindan (Chang 2000; Pozar & Schaubert 1995; Sanchez-Herndez & Robertson 1996). Secara amnya, lebar jalur galangan bagi antena tompok adalah berkadar dengan isipadu antena, diukur dalam sebutan panjang gelombang. Walau bagaimanapun, dengan menggunakan dua tompok bertindan dan wujud dinding pada pinggir di antara dua tompok tersebut, lebar jalur galangan yang luas boleh diperolehi. Banyak penyelidikan telah dilakukan terhadap antena tompok suapan prob dwilapisan yang terdiri daripada elemen tompok di lapisan bawah dan tompok jenis parasit (Chair et al. 2000; Chang et al. 1981; Chen et al. 2000; Handerson

et al. 1986; Kuo & Wong 2001; Pozar 1992; Schaubert et al. 1989; Sze & Wong 2000; Wong & Hsu 2001). Dengan menindan tompok parasit ke atas antena tompok mikrojalur, antena dengan gandaan tinggi atau lebar jalur yang luas dapat diperolehi (Egashira & Nishiyama 1996). Ciri-ciri bagi antena mikrojalur bertindan bergantung kepada jarak di antara tompok prob dan tompok parasit. Apabila jaraknya  $0.1\lambda$  ( $\lambda$  ialah panjang gelombang), antena mikrojalur bertindan boleh memberikan lebar jalur yang luas (Araki et al. 1986; Egashira & Nishiyama 1996).

Antena tompok bertindan dengan suapan pengganding-bukaan telah dikaji oleh Targonski et al. (1998) dan lebar jalur sehingga 69% telah dilaporkan. Walau bagaimanapun, kelemahan utama yang dikesan adalah radiasi balikan yang disebabkan oleh penggunaan salunan bukaan dan pengujian gelombang permukaan. Teknik suapan lain seperti penggunaan prob berbentuk-L atau berbentuk-F juga telah dicadangkan bagi menghasilkan lebar jalur galangan yang luas (Ooi et al. 2001; Ooi & Lee 1999), tetapi kaedah ini akan meningkatkan kekompleksan reka bentuk dan proses fabrikasi, terutamanya bagi prob. Dalam kajian Ooi & Lee (1999), antena tompok Lubang Alur-S bertindan dengan suapan prob-L telah dicadangkan dengan lebar jalur sehingga 44.4% telah dicapai. Antena

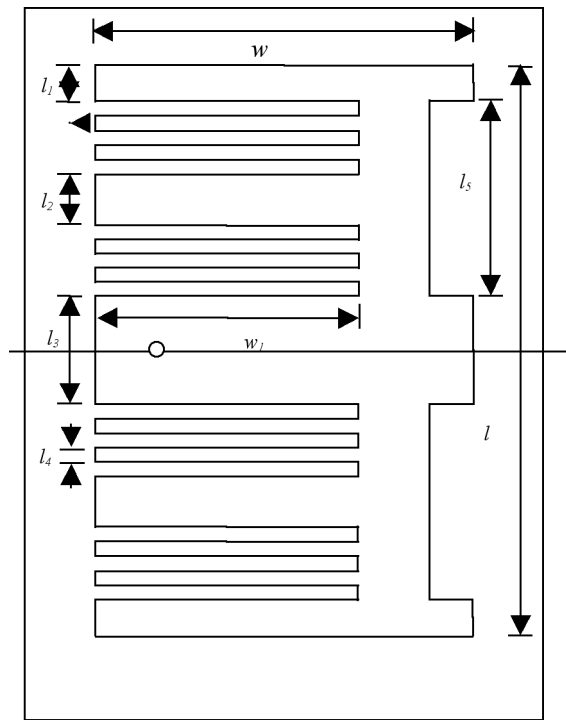
mikrojalur segitiga Alur-V dengan tompok bertindan pula telah terbukti mampu memberikan lebar jalur sehingga 47% (Rafi & Shafai 2003).

Antena tompok berbilang alur bertindan telah dikaji untuk meningkatkan lebar jalur galangan dan gandaan antena. Reka bentuk ini menggunakan teknik kontemporari iaitu suapan prob, tompok tersongsang dan elemen tompok berbilang alur. Penggunaan teknik suapan prob, tompok berbilang alur bertindan dengan substrat udara yang tebal menghasilkan peningkatan gandaan, manakala penggunaan alur-alur selari dapat mengurangkan pengutuban silang. Teknik-teknik ini menawarkan proses fabrikasi tompok yang mudah terutama untuk struktur tatasusunan. Reka bentuk dan keputusan simulasi antena tompok mikrojalur gandaan tinggi dan berjalur lebar diterangkan.

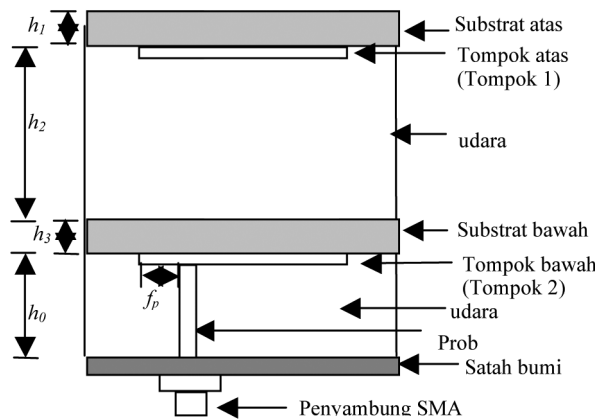
Geometri bagi struktur antena tompok berbilang alur bertindan yang dicadangkan ditunjukkan dalam Rajah 1. Antena ini terdiri daripada dua tompok bertindan, dua lapisan udara dan prob menegak bersambung kepada tompok bawah. Untuk sebuah antena mikrojalur, lebar,  $w$  dan panjang,  $l$  bagi tompok yang beroperasi pada frekuensi salunan yang dikehendaki boleh direka bentuk menggunakan persamaan seperti yang dilaporkan oleh Hirasawa (1991) iaitu:

$$w = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}, \tag{1}$$

$$l = \frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta l, \tag{2}$$



(a)



(b)

RAJAH 1. Geometri bagi antena tompok lubang alur pelbagai yang dicadangkan  
Pandangan atas (a) Pandangan sisi (b)

dengan

$$\Delta l = 0.412h \frac{(\epsilon_e + 0.3) \left( \frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_e - 0.258) \left( \frac{w}{h} + 0.8 \right)}, \quad (3)$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}}, \quad (4)$$

$\lambda_0$  ialah panjang gelombang operasi,  $\epsilon_e$  ialah kebertelusan berkesan,  $\epsilon_r$  ialah kebertelusan relatif dan  $h$  ialah ketebalan dielektrik.

Lokasi bagi titik prob,  $(x_1, y_1)$  untuk pepadanan 50  $\Omega$  boleh ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$x_1 = \frac{w}{2}, \quad (5)$$

$$y_1 = \frac{l}{\pi} \cos^{-1} \frac{w\sqrt{5(\epsilon_r - 1)}}{3\epsilon_r l}, \quad (6)$$

dengan  $0 \leq y_1 < l/2$  (Stutzman & Thiele 1998).

Untuk sebuah antenna mikrojalur, panjang tompok boleh direka bentuk menggunakan (1) hingga (6) pada satu-satu frekuensi salunan yang dikehendaki. Walau bagaimanapun, lebar tompok yang telah dikira menggunakan (1) perlu dioptimumkan untuk memastikan pepadanan dengan kaedah suapan prob.

#### STRUKTUR DAN REKA BENTUK ANTENA

Tompok bawah, dengan lebar,  $w$  dan panjang,  $l$  disokong oleh substrat berdielektrik rendah dan kebertelusan dielektrik  $\epsilon_1$  dan ketebalan  $h_1$ . Lapisan udara dengan kebertelusan dielektrik  $\epsilon_0$  dan ketebalan  $h_0$  diapit di antara substrat dan lapisan satah bumi. Tompok atas dengan lebar dan panjang yang sama seperti tompok bawah telah ditindan pada ketinggian  $h_2$  di atas substrat bawah dan disokong oleh substrat dielektrik rendah dengan kebertelusan dielektrik  $\epsilon_1$  berketebalan  $h_1$ .

Dua tompok bertindan yang dicadangkan menggunakan elemen radiasi yang sama, merupakan berbilang lubang alur yang disusun bertindan selari dengan pinggir radiasi bagi tompok bersimetri pada garisan tengah (paksi-x) tompok. Elemen berbilang lubang alur tersebut ditunjukkan dalam Rajah 1(a), dengan  $l$  dan  $w$  adalah panjang dan lebar bagi lubang alur tersebut. Tompok tersebut disuap oleh prob yang disambung terus di sepanjang garisan tengah (paksi-x) pada jarak  $f_p$  dari tepi tompok seperti dalam ditunjukkan dalam Rajah 1(b).

Jadual 1 menunjukkan parameter reka bentuk optimum yang diperolehi untuk antenna tompok berbilang lubang alur yang dicadangkan. Substrat dielektrik Rogers RT5880 Duroid™ dengan kebertelusan dielektrik,  $\epsilon_1=2.2$  dan ketebalan=1.5748 mm telah digunakan pada tompok bawah dan atas. Ketebalan bagi substrat udara adalah 12.5 mm dan 73.5 mm dengan kebertelusan dielektrik,  $\epsilon_2=1.0$ . Kepingan aluminium dengan dimensi  $1.34 \lambda_0 \times 1.21 \lambda_0$  dan ketebalan 1 mm digunakan sebagai satah bumi.

JADUAL 1. Parameter reka bentuk antenna tompok yang dicadangkan

Parameter	Nilai (mm)
$w$	53
$w_1$	37
$l$	79
$l_1$	5
$l_2$	7
$l_3$	15
$l_4$	2
$l_5$	27
$h_0$	12.5
$h_1$	1.5748
$h_2$	73.5
$h_3$	1.5748
$f_p$	8.5

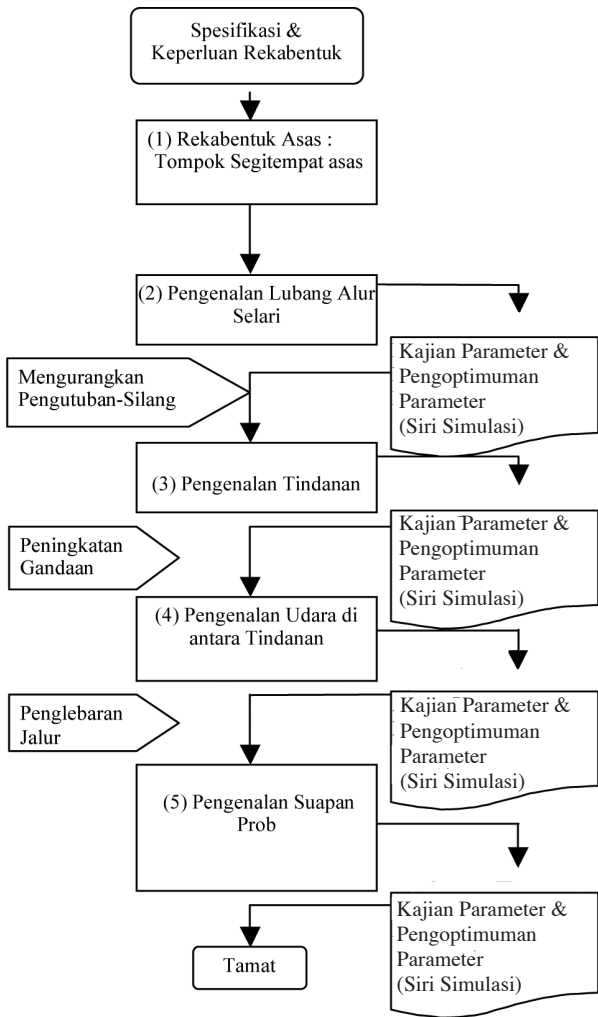
#### SIMULASI

Ciri-ciri salunan bagi antenna yang dicadangkan telah disimulasi dan dioptimumkan menggunakan perisian medan elektromagnet gelombang penuh tiga-dimensi domain frekuensi (Ansoft HFSS). Carta alir reka bentuk ditunjukkan dalam Rajah 2, bermula dengan reka bentuk tompok segiempat asas menggunakan dielektrik udara dan penentuan parameter asas geometri ( $l, w, h_1, h_0, h_2, h_3$ ) pada frekuensi operasi. Elemen tompok berbilang lubang alur bertindan telah diperkenalkan dengan nilai awal parameter lubang alur untuk mengurangkan aras pengutuban silang. Seterusnya, prob pula diintegrasikan untuk suapan tompok dengan parameternya telah dioptimumkan untuk memenuhi keperluan jalur lebar.

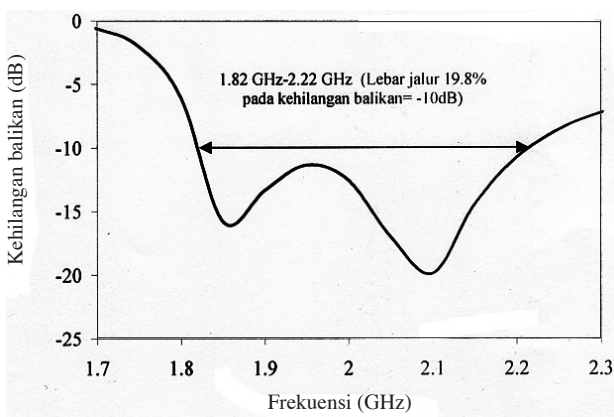
#### HASIL DAN PERBINCANGAN

Rajah 3 menunjukkan kehilangan balikan bagi antenna berbilang lubang alur bertindan yang dicadangkan. Dua salunan diperhatikan iaitu pada frekuensi 1.85 GHz dan 2.1 GHz dan ini memberikan sifat jalur lebar bagi antenna tompok ini. Lebar jalur galangan ( $VSWR \leq 2$ ) sebanyak 19.8% iaitu daripada 1.82 GHz kepada 2.22 GHz telah dicapai pada kehilangan balikan 10 dB.

Rajah 4 menunjukkan taburan arus elektrik yang dihasilkan oleh elemen tompok pada frekuensi salunan kedua. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4, amplitud arus di sepanjang pinggir lubang alur pada tompok bawah adalah tinggi dan meliputi kawasan yang lebih luas, dan kesan bagi lubang alur selari adalah ketara pada 2.1 GHz. Tambahan pula, terdapat arus yang tinggi mengalir di sekitar lubang alur selari berdekatan titik suapan prob dan kurang arus yang mengalir dari titik suapan ke arah pinggir yang tiada radiasi pada tompok pada 2.1 GHz. Ini bermakna radiasi pada frekuensi salunan tinggi disalurkan



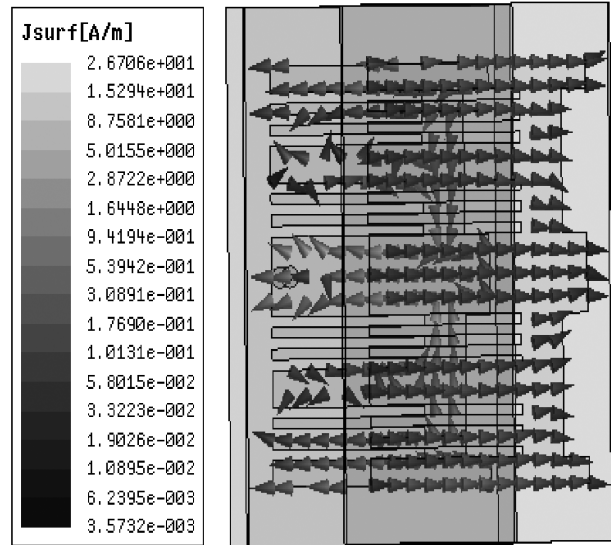
RAJAH 2. Reka bentuk carta alir untuk antenna tempok berbilang lubang alur bertindan



RAJAH 3. Kehilangan balikan tersimulasi bagi antenna tempok berbilang lubang alur bertindan yang dicadangkan

sepenuhnya oleh gandingan elektromagnet kuat dari tempok lapisan bawah.

Corak radiasi pada frekuensi salunan kedua (2.1 GHz) dalam satah-E (satah XZ) ditunjukkan dalam Rajah



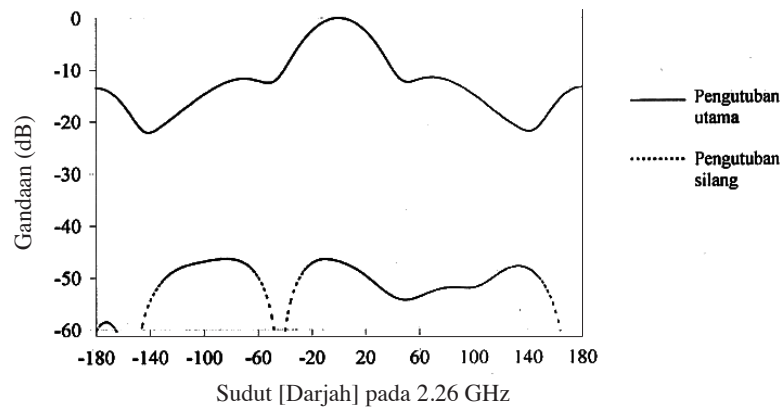
RAJAH 4. Taburan arus bagi antenna tempok berbilang lubang alur bertindan pada frekuensi salunan 2.1 GHz

5. Hanya corak radiasi pada frekuensi salunan kedua diberikan. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5, antenna yang telah direka bentuk memaparkan corak radiasi yang baik di dalam satah-E pada frekuensi salunan kedua. Ia boleh dilihat di mana lebar alur 3-dB seluas  $44^\circ$  pada frekuensi salunan 2.1 GHz diperolehi. Corak pengutuban silang adalah rendah daripada  $-45$  dB. Antena tempok berbilang lubang alur bertindan yang dicadangkan menunjukkan pengutuban silang yang lebih baik daripada reka bentuk yang dilaporkan dalam Tariqul et al. (2007) dan Ng et al. (2003). Ciri-ciri radiasi bagi antenna berbilang lubang alur bertindan yang dicadangkan adalah lebih baik daripada mana-mana antenna tempok konvensional yang dilaporkan.

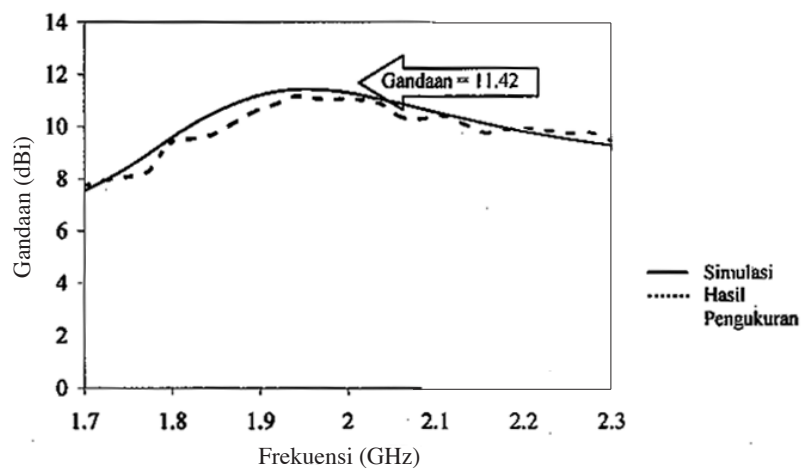
Gandaan bagi antenna tempok berbilang lubang alur bertindan yang dicadangkan pada julat frekuensi 1.7 GHz hingga 2.3 GHz ditunjukkan dalam Rajah 6. Seperti yang ditunjukkan, gandaan maksimum yang boleh diperolehi melalui simulasi adalah 11.42 dBi pada frekuensi 1.92 GHz dan perbezaan gandaan adalah dalam julat 1.6 dBi dalam lingkungan lebar jalur 3 dB. Hasil pengukuran yang telah dijalankan menggunakan Penganalisa Rangkaian Agilent 8753ES menunjukkan gandaan maksimum adalah 11.17 dBi pada frekuensi 1.94 GHz dan perbezaan gandaan adalah dalam julat 1.65 dBi.

KESIMPULAN

Antena tempok berbilang lubang alur bertindan jalur-lebar telah direka bentuk untuk aplikasi gandaan tinggi. Teknik untuk meningkatkan lebar jalur dan gandaan bagi antenna tempok mikrojalur telah dicadangkan. Keputusan simulasi bagi antenna tempok mikrojalur jalur lebar dalam julat frekuensi 1.82 ke 2.22 GHz telah dibentangkan. Teknik bagi pelebaran jalur, peningkatan gandaan dan pengurangan pengutuban silang telah dilaksanakan dengan



RAJAH 5. Corak radiasi ternormal bagi antenna tompok berbilang lubang alur bertindan yang dicadangkan pada frekuensi salunan 2.1 GHz untuk satah-E



RAJAH 6. Gandaan tersimulasi dan pengukuran bagi antenna tompok berbilang lubang alur bertindan yang dicadangkan

penambahbaikan prestasi antenna yang ketara dengan mengaplikasikan reka bentuk tompok berbilang lubang alur bertindan, tompok tersongsang dan penyuaian prob yang dicadangkan.

Antena tompok mikrojalur berbilang lubang alur bertindan yang dicadangkan berjaya mencapai lebar jalur sebanyak 19.8% (1.82 ke 2.22 GHz) pada kehilangan balikan 10 dB. Gandaan maksimum yang boleh dicapai bagi antenna tersebut adalah 11.42 dBi. Tompok yang dicadangkan mempunyai dimensi  $0.532 \lambda_0 \times 0.357 \lambda_0$ . Reka bentuk ini boleh digunakan di dalam stesen tapak dan dengan ciri jalur lebar dan gandaan tinggi yang ditawarkan, lebih banyak aplikasi boleh diperkenalkan. Penyelidikan dalam reka bentuk ini masih diteruskan untuk mereka bentuk antenna MIMO  $4 \times 4$  bagi stesen tapak komunikasi bergerak.

#### PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan penghargaan kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI), di atas geran penyelidikan Science Fund: 01-01-02-SF0376, untuk membiayai projek penyelidikan ini.

#### RUJUKAN

- Araki, K., Ueda, H. & Takahashi, M. 1986. Numerical Analysis of Circular Disk Microstrip Antenna with Parasitic Elements. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 34(12): 1390-1394.
- Chair, R., Luk, K.M. & Lee, K.F. 2000. Miniature multilayer shorted patch antenna. *Electron Letters* 36: 3-4.
- Chang, E., Long, S.A. & Richards, W.F. 1981. Experimental investigation of electrically thick rectangular microstrip antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 34: 767-772.
- Chang, K. 2000. *RF and Microwave Systems*. College Station: Texas A & M University.
- Chen, W.S., Wu, C.K. & Wong, K.L. 2000. Novel compact circularly polarized square microstrip antenna. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 48: 1869-1872.
- Egashira, S. & Nishiyama, E. 1996. Stacked microstrip antenna with wide bandwidth and high gain. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 44: 1533-1534.
- Henderson, A., James, J.R. & Hall, C.M. 1986. Bandwidth extension techniques in printed conformal antennas. *Military Microwaves* MM 86, Jun.
- Hirasawa, K. 1991. *Analysis, Design and Measurement of Small and Low-profile Antennas*. Norwood MA: Artech House.

- Kuo, J.S. & Wong, K.L. 2001. A compact microstrip antenna with meandering slots in the ground plane. *Microwave and Optical Technology Letters* 29(2): 95-97.
- Lau, K.-L., Luk, K.-M. & Lee, K.-F. 2006. Design of a circularly-polarized vertical patch antenna. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 54(4): 1332-1335.
- Ng, K.J., Zainol, A.A.R. & Tariqul Islam, M. 2003. Broadband inverted E-shaped rectangular microstrip patch antennas for 3G applications. *IEEE National Symposium on Microelectronics* pp. 286-289.
- Ooi, B.L. & Lee, C.L. 1999. Broadband air-filled stacked U-slot patch antenna. *Electronics Letters* 35(7): 515-517.
- Ooi, B.L., Lee, C.L., Kooi, P.S. & Chew, S.T. 2001. A novel F-probe fed broadband patch antenna. *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 4*: 474-477.
- Pozar, D.M. 1992. Microstrip antennas. *Proceeding of IEEE*, 80: 79-91.
- Pozar, D.M. & Schaubert, D.H. 1995. *Microstrip Antennas, the Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays*. New York: IEEE Press.
- Rafi, G.Z. & Shafai, L. 2003. V-slotted Rectangular Microstrip Antenna with a Stacked Patch. *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation Society 2*: 264-267.
- Sanchez-Hernandez, D. & Robertson, L.D. 1996. A Survey of Broadband Microstrip Patch Antennas. *Microwave Journal* 39(9): 60-84.
- Schaubert, D.H., Pozar, D.M. & Adrian, A.A. 1989. Effect of Microstrip Antenna Substrate Thickness and Permittivity: Comparison of Theories and Experiments. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 37: 677-682.
- Stutzman, W.L. & Thiele, G.A. 1998. *Antenna Theory and Design*. New York: Wiley.
- Sze, J.Y. & Wong, K.L. 2000. Slotted Rectangular Microstrip Antenna for Bandwidth Enhancement. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 48: 1149-1152.
- Targonski, S.D., Waterhouse, R.B. & Pozar, D.M. 1998. Design of wide-band aperture stacked patch microstrip antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 46(9): 1245-1251.
- Tariqul Islam, M., Misran, N. & Ng, K.J. 2007. A 4×1 L-probe fed Inverted Hybrid E-H Microstrip Patch Antenna Array for 3G Application. *American Journal of Applied Sciences* 4(11): 897-901.
- Wong, K.L. & Hsu, W.H. 2001. A broadband rectangular patch antenna with a pair of wide slits. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 49: 1345-1347.
- Zhang, Y.P. & Wang, J.J. 2006. Theory and analysis of differentially-driven microstrip antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 54(4): 1092-1099.
- Norbahiah Misran\* & Farizah Ansarudin  
Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Elektronik & Sistem,  
Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia
- Mohammad Tariqul Islam  
Institut Sains Angkasa, Aras 2,  
Bangunan Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia
- \*Pengarang untuk surat-menyurat; email: bahiah@vlsi.eng.ukm.my
- Diserahkan: 21 Januari 2009  
Diterima: 12 November 2009