

PENGEMBANGAN ANTENA MIKROSTRIP SUSUN DUA ELEMEN DENGAN PENERAPAN *DEFECTED GROUND STRUCTURE* BERBENTUK TRAPESIUM

Fitri Yuli Zulkifli, Eko Tjipto Rahardjo, Muhamad Asvial, dan Djoko Hartanto

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

E-mail: yuli@ee.ui.ac.id; eko@ee.ui.ac.id; asvial@ee.ui.ac.id; djoko@ee.ui.ac.id

Abstrak

Tulisan ini membahas antenna mikrostrip susun dua elemen yang dikembangkan dengan menerapkan *defected ground structure* (DGS) bentuk trapesium. DGS ini diletakkan pada bidang pentanahan dari substrat dengan posisi diantara kedua elemen antenna susun. Hal ini dilakukan agar dapat menekan efek *mutual coupling* yang timbul pada antenna susun. Hasil simulasi dan pengukuran dilakukan dengan membandingkan kinerja antenna susun dua elemen tanpa dan dengan DGS. Dari hasil pengukuran antenna dengan DGS dibandingkan dengan antenna tanpa DGS diperoleh penekanan efek *mutual coupling* sebesar 7,9 dB, perbaikan nilai *return loss* sebesar 33,29% yaitu dari -30,188 dB menjadi -40,24 dB dengan pelebaran *axial ratio bandwidth* sebesar 10 MHz. Pelebaran *bandwidth* ini diperoleh dari frekuensi kerja 2,63 GHz – 2,67 GHz pada antenna tanpa DGS sedangkan pada antenna dengan DGS dari 2,63 GHz – 2,68 GHz. Pengukuran *gain* antenna juga dilakukan dan diperoleh peningkatan *gain* sebesar 0,6 dB. Hasil ini menunjukkan penerapan DGS bentuk trapesium ini mampu meningkatkan kinerja antenna dibandingkan tanpa DGS.

Abstract

Two Element Microstrip Antenna Array with Defected Ground Structure. This paper presents a two element microstrip antenna array using trapezium shape defected ground structure (DGS). The DGS is inserted in the ground plane between two elements of antenna array. Insertion of the DGS is intended to suppress the mutual coupling effect produced by antenna array. Simulation and measurement results were taken and compared between antenna array with and without DGS. Measurement results show that the antenna with DGS compared to antenna without DGS can suppress mutual coupling effect to 7.9 dB, improve the return loss to 33.29% from -30.188 dB to -40.24 dB and axial ratio bandwidth enhancement to 10 MHz. This bandwidth enhancement is achieved from frequency 2.63 GHz – 2.67 GHz for antenna without DGS and from frequency 2.63 GHz – 2.68 GHz for antenna with DGS. In addition, the DGS antenna also improved the antenna gain to 0.6 dB. The results show that the implementation of the trapezium DGS can improve the radiation properties of the antenna without DGS.

Keywords: defected ground structure, microstrip antenna array, trapezium, mutual coupling

1. Pendahuluan

Antena mikrostrip memiliki beberapa keuntungan, di antaranya mempunyai bentuk yang kompak, dimensi kecil, mudah untuk difabrikasi dan mudah dikoneksikan serta diintegrasikan dengan divais elektronik lain. Namun antenna ini memiliki beberapa kelemahan di antaranya *gain* rendah, efisiensi rendah, *bandwidth* rendah dan timbul gelombang permukaan.

Gelombang permukaan timbul ketika antenna mikrostrip meradiasikan gelombang ke udara, tetapi ada gelombang yang terjebak di dalam substrat. Gelombang

ini dapat mengurangi efisiensi antenna dan *gain*, membatasi *bandwidth*, meningkatkan radiasi *end-fire*, meningkatkan *cross-polarization*, membatasi rentang frekuensi kerja dari antenna mikrostrip, dan meningkatkan *mutual coupling* antara elemen antenna susun yang berakibat pada penurunan performa antenna susun [1].

Defected Ground Structure (DGS) adalah suatu cara menekan gelombang permukaan dengan cara menghilangkan (*etch*) sebagian bidang *ground*. Ada berbagai bentuk DGS seperti bentuk spiral [2,3],

lingkaran [4,5], *dumbbell* [6,7], bentuk “L” [8], dan *concentric ring* [9]. Ada beberapa penelitian yang telah menggunakan DGS pada antena mikrostrip *single element* [3,5], namun hanya pada [6,7] yang telah menerapkan DGS bentuk *dumbbell* pada antena susun. Kedua penelitian ini baru memaparkan hasil simulasi tanpa membandingkan hasil pengukuran.

Pada penelitian [6], DGS bentuk *dumbbell* diletakkan di antara kedua elemen antena yang bekerja pada frekuensi 6 GHz sedangkan pada penelitian [7] pada frekuensi 790 MHz. Kedua penelitian menggunakan konstanta dielektrik 10,2.

Tulisan ini membahas penerapan DGS bentuk baru yaitu berbentuk trapesium pada antena mikrostrip *patch* segitiga *linear* susun 2 elemen yang dikembangkan dari [10]. Antena DGS ini dirancang untuk menekan gelombang permukaan agar dapat mengurangi efek *mutual coupling* yang terjadi antara elemen antena susun sehingga performa antena dapat meningkat. Bentuk baru trapesium ini mempunyai bentuk yang lebih sederhana dari penelitian [6,7] dan diteliti untuk mengetahui dampak bentuk dan luas DGS terhadap antena [10].

2. Metode Penelitian

Perancangan Antena dengan DGS. Antena tanpa DGS yang digunakan merupakan antena susun dua elemen yang berbentuk segitiga sama sisi yang dirancang untuk bekerja di frekuensi sekitar 2,6 GHz untuk aplikasi komunikasi bergerak. Pada antena berbentuk segitiga tersebut diberi slot berbentuk huruf Y agar dapat menghasilkan polarisasi melingkar. Adapun teknik pencatutan yang digunakan adalah sistem *microstrip line* secara tidak simetris untuk menghasilkan pola radiasi yang mempunyai kemiringan pada sudut 30° hingga 50°.

Antena ini kemudian ditambahkan dengan DGS bentuk trapesium di bidang pentanahannya. Pemilihan bentuk trapesium dilakukan karena sejauh peneliti ketahui, bentuk ini belum ada yang meneliti.

Dalam merancang bangun antena, digunakan bahan substrat dengan konstanta dielektrik $\epsilon_r = 2,2$, ketebalan $h = 1,57$ mm dan rugi tangensial 0,0009.

Perancangan DGS bentuk trapesium ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan bentuk persegi panjang. Elemen peradiasi berbentuk persegi panjang ditentukan menggunakan rumus [1]:

$$W = \sqrt{h\lambda_d} [\ln(\lambda_d / h) - 1] \quad (1)$$

dengan W = lebar *patch*, h = ketebalan substrat dan

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (3)$$

dengan L = panjang *patch*, c = kecepatan cahaya 3×10^8 m/s, f_r = frekuensi resonansi, ϵ_{reff} = konstanta dielektrik relatif efektif

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} (1 + 12h/W)^{-1/2} \quad (4)$$

dengan ΔL = panjang tambahan diakibatkan *fringing effect*

$$\Delta L = 0.412h \frac{\epsilon_{reff} + 0.3}{\epsilon_{reff} - 0.258} \frac{W/h + 0.264}{W/h + 0.813} \quad (5)$$

Berdasarkan Pers. (1-5) dan dengan memasukkan spesifikasi bahan substrat dan frekuensi kerja 2,61 GHz, maka diperoleh L sebesar 38,24 mm dan W sebesar 31,98 mm sehingga diperoleh luas persegi *patch* sebesar 1200 mm². Hasil luas ini digunakan untuk memperoleh dimensi DGS bentuk trapesium. Dengan mempertahankan luas trapesium seluas 1200 mm² maka diperoleh dimensi trapesium.

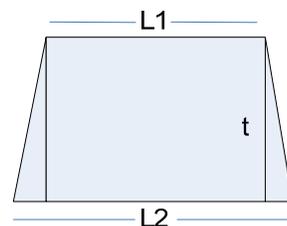
Adapun bentuk trapesium yang akan digunakan sebagai DGS adalah trapesium sama kaki seperti pada Gambar 1. Bentuk trapesium ini dipilih karena menyerupai bentuk *tapered slot*.

Berdasarkan rumus luas trapesium:

$$A = \frac{(L_1 + L_2) \times t}{2} \quad (6)$$

Dengan : A = Luas Trapesium
 $L_1 + L_2$ = Jumlah sisi sejajar
 t = Tinggi trapesium

Penentuan nilai L_1 , L_2 , dan t dilakukan berdasarkan percobaan dan iterasi menggunakan simulator dengan metode momen. Berdasarkan hasil simulasi, maka nilai



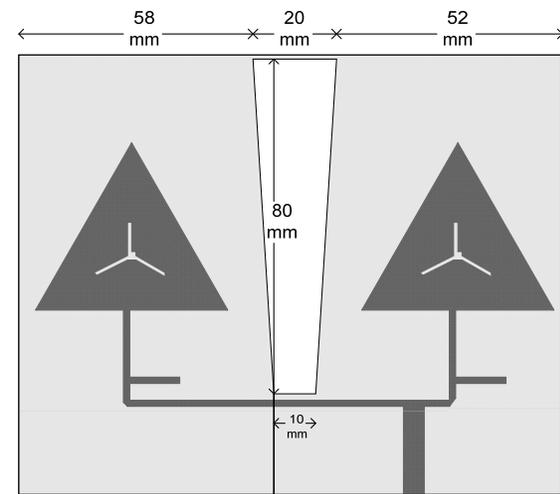
Gambar 1. Bentuk trapesium DGS

L_1 , L_2 , dan t yang menghasilkan nilai *return loss* yang paling minimum adalah $L_1 = 10$ mm, $L_2 = 20$ mm, $t = 80$ mm sehingga diperoleh luas trapesium:

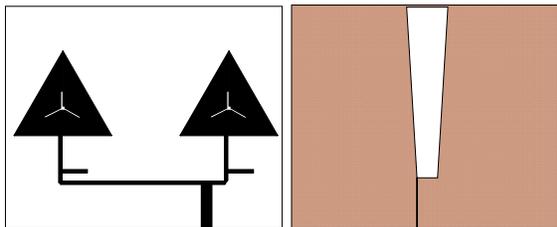
$$A = \frac{(10 + 20) \times 80}{2} = 1200 \text{ mm}^2$$

Setelah nilai L_1 , L_2 , dan t ditetapkan, maka ditentukan letak dan arah trapesium ini. Berdasarkan [11], letak DGS pada antenna susun untuk menghilangkan efek gelombang permukaan adalah di antara kedua elemen antenna susun tersebut.

Dimensi dan posisi optimum trapesium pada antenna dicari secara eksperimen dan diperoleh hasil seperti pada Gambar 2(a). Gambar 2(b) memperlihatkan tampak depan dari antenna yang berupa dua elemen berbentuk segitiga samasisi dengan pencatunya, sedangkan tampak belakang adalah bentuk trapesium yang ditunjukkan pada Gambar 2(c).



(a)



(b)

(c)

Gambar 2. Konfigurasi Antena dengan DGS bentuk trapesium
 (a) Dimensi antena dengan DGS
 (b) Tampak depan
 (c) Tampak belakang

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah desain antenna secara numerik selesai diperhitungkan, maka digunakan perangkat lunak yang menggunakan metode *moment* untuk memperoleh hasil secara simulasi beberapa parameter penting antenna.

Gambar 3 menunjukkan hasil simulasi dari parameter *return loss* antenna dengan dan tanpa DGS. Hasil menunjukkan antenna dengan DGS berhasil memperbaiki nilai *return loss* antenna tanpa DGS sebesar 51% yaitu dari nilai minimum -33,302 dB menjadi -50,302 dB. Perbaikan nilai minimum *return loss* ini berarti antenna dengan DGS bersifat lebih *matching* dibandingkan antenna tanpa DGS sehingga ini menyebabkan perbaikan nilai efisiensi antenna. Hal ini didasarkan rumus efisiensi antenna adalah [12]:

$$e_0 = e_r e_{cd} \tag{7}$$

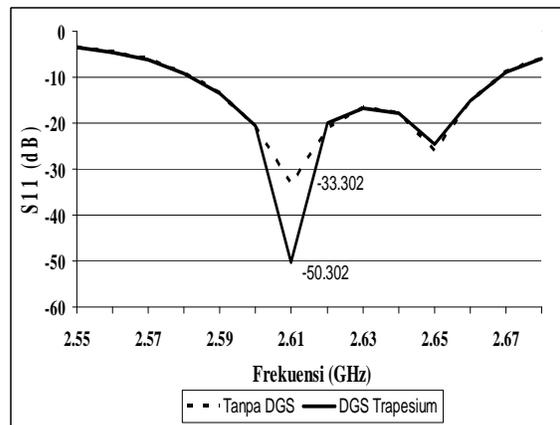
Di mana e_r = efisiensi refleksi = $1 - |\Gamma|^2$;

$$e_{cd} = \text{efisiensi radiasi} = \frac{P_r}{P_r + P_{sw}}$$

dengan P_r merupakan daya radiasi dan P_{sw} daya dari *surface wave* (gelombang permukaan).

Sehingga jika nilai *return loss* semakin baik maka nilai $|\Gamma|^2$ semakin kecil, menyebabkan efisiensi refleksi (e_r) semakin meningkat. Daya yang diakibatkan oleh gelombang permukaan ditekan, menyebabkan efisiensi radiasi (e_{cd}) meningkat.

Antena ini dirancang untuk memiliki polarisasi melingkar. Pada penelitian ini digunakan maksimum 3 dB *axial ratio* sebagai batas terjadinya polarisasi melingkar. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna

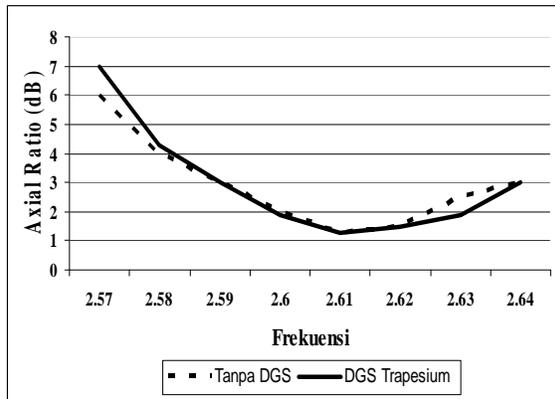


Gambar 3. Hasil simulasi *return loss*

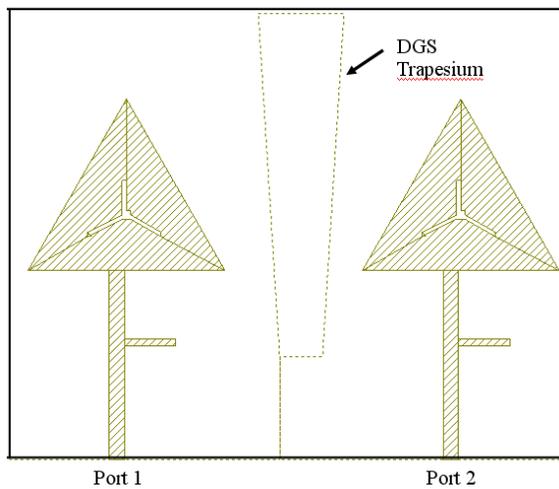
dengan dan tanpa DGS mempunyai karakteristik lebar *bandwidth* polarisasi melingkar yang sama yaitu pada frekuensi kerja 2,59 GHz hingga 2,64 GHz. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada antenna susun, masalah *mutual coupling* sangat berpengaruh terhadap performa antenna secara keseluruhan terutama pola radiasi antenna sehingga efek ini perlu ditekan. Untuk memperoleh nilai efek *mutual coupling*, antenna perlu diatur dengan konfigurasi yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5 memperlihatkan konfigurasi antenna yang sama dengan Gambar 2, hanya dibedakan dari pemberian pencatumannya. Untuk memperoleh efek radiasi dari elemen pertama ke elemen kedua atau untuk mengukur nilai S_{12} , maka kedua elemen antenna masing-masing harus dicatu langsung yaitu pada *port 1* dan *port 2*.



Gambar 4. Hasil simulasi *axial ratio*

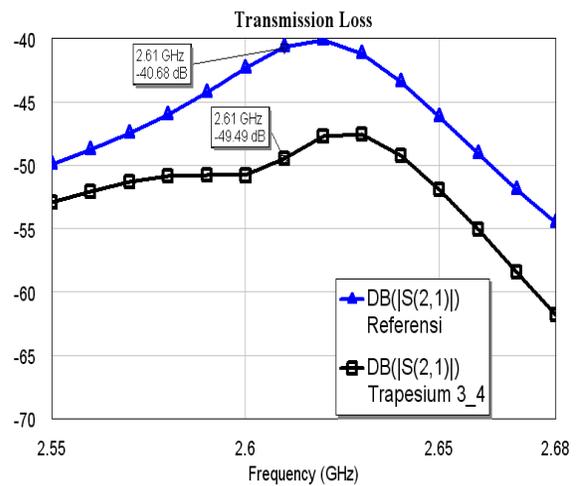


Gambar 5. Konfigurasi antenna untuk memperoleh nilai *mutual coupling*

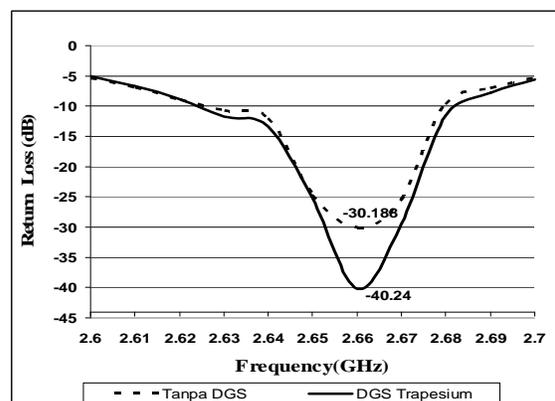
Hasil simulasi yang diperoleh dari pengaturan antenna seperti Gambar 5 menghasilkan penekanan efek *mutual coupling* pada antenna tanpa DGS sebesar 9,81 dB atau 24,72% pada frekuensi 2.61 GHz. Hasil ini ditunjukkan pada Gambar 6.

Setelah perancangan dan hasil simulasi diperoleh, antenna kemudian difabrikasi dan diukur di ruang anti gema di laboratorium Departemen Teknik Elektro FTUI. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 10.

Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran *return loss* dari antenna dengan dan tanpa DGS. Dari hasil pengukuran, ada perbaikan nilai *return loss* yang diakibatkan oleh antenna DGS sebesar 33,29% yaitu dari nilai *return loss* minimum -30,188 dB menjadi -40,24 dB. Hasil ini menunjukkan bahwa antenna dengan DGS dapat meningkatkan efisiensi antenna yang sesuai dengan teori pada Pers. (7).



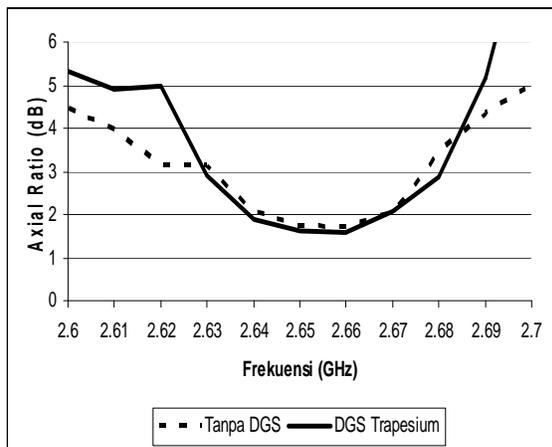
Gambar 6. Hasil simulasi *mutual coupling*



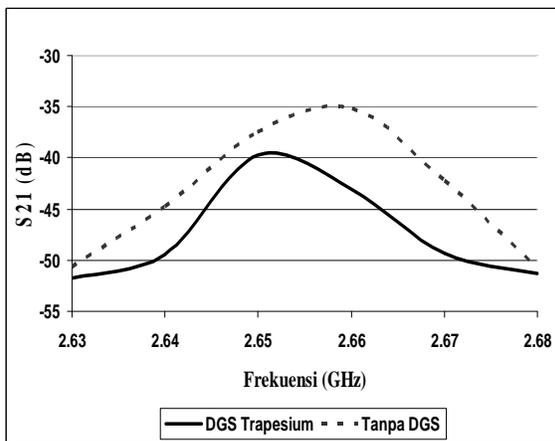
Gambar 7. Hasil pengukuran *return loss*

Nilai *axial ratio bandwidth* juga diukur dan diperlihatkan pada Gambar 8. Pada pengukuran *axial ratio bandwidth* diukur medan E vertikal (E_v) dan medan E horizontal (E_h) untuk mengetahui efek polarisasi melingkar antenna. Hasil pengukuran memperlihatkan antenna dengan DGS mempunyai *bandwidth* yang lebih lebar 10 MHz dibandingkan dengan antenna tanpa DGS. Pada antenna tanpa DGS diperoleh *bandwidth* dari 2,63 GHz – 2,67 GHz atau 40 MHz sedangkan pada antenna dengan DGS diperoleh *bandwidth* 2,63 GHz – 2,68 GHz atau 50 MHz. Hasil ini memperlihatkan bahwa DGS mampu menekan gelombang permukaan sehingga mengakibatkan terjadinya pelebaran *axial ratio bandwidth* sebesar 10 MHz.

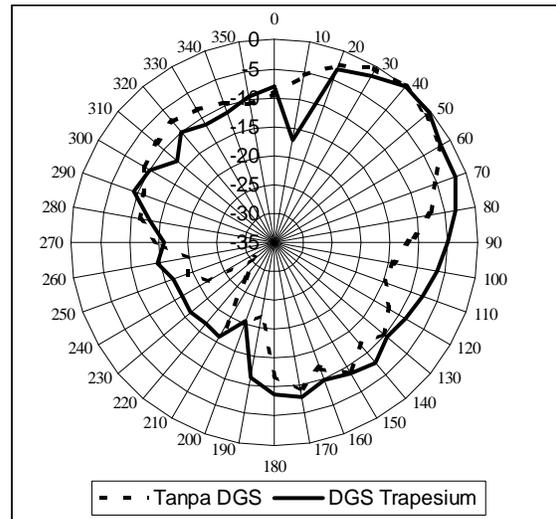
Pengukuran berikutnya yang dilakukan adalah mengukur efek *mutual coupling*. Efek *mutual coupling* yang diukur pada antenna dengan DGS menunjukkan



Gambar 8. Hasil pengukuran *axial ratio*



Gambar 9. Hasil pengukuran *mutual coupling*



Gambar 10. Hasil pengukuran pola radiasi medan E antenna

terjadinya penekanan sekitar 2 dB hingga 7,9 dB dengan penekanan terbesar terjadi pada frekuensi 2,66 GHz. Hasil ini ditunjukkan pada Gambar 9.

Antena susun ini dirancang untuk mempunyai pola radiasi dengan kemiringan 30° hingga 50° . Hasil pengukuran yang diperlihatkan pada Gambar 10 menunjukkan kedua antenna dengan dan tanpa DGS sama-sama mempunyai pola radiasi dengan nilai maksimum pada sudut 40° . Gambar 10 memperlihatkan bahwa tidak ada perubahan dari pola radiasi yang signifikan terhadap antenna tanpa DGS walaupun antenna kemudian ditambahkan dengan DGS bentuk trapesium.

Pengukuran *gain* antenna pada frekuensi 2,66 GHz juga dilakukan dan hasilnya menunjukkan ada peningkatan *gain* antenna sebesar 0,6 dB yaitu dari 10 dB pada antenna tanpa DGS menjadi 10,6 dB pada antenna dengan DGS. Peningkatan *gain* ini berhubungan dengan peningkatan efisiensi yang dialami oleh antenna dengan DGS akibat perbaikan nilai *return loss*. Hasil ini menguatkan penelitian bahwa antenna dengan DGS mampu menekan efek gelombang permukaan pada antenna mikrostrip.

4. Kesimpulan

DGS bentuk trapesium telah diterapkan pada antenna susun mikrostrip dua elemen. Baik hasil simulasi maupun pengukuran menunjukkan peningkatan performansi antenna setelah antenna menggunakan DGS bentuk trapesium. Dari hasil pengukuran diperoleh penekanan efek *mutual coupling* sebesar 7,9 dB, perbaikan nilai *return loss* sebesar 33,29% dengan pelebaran *axial ratio bandwidth* sebesar 10 MHz dan peningkatan *gain* sebesar 0,6 dB.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini sebagian didanai dari dana *Research Grant* Riset Unggulan Universitas Indonesia (RUUI) dengan nomor kontrak 240AS/DRPM-UI/NI.4/2008 dan sebagian dari Hibah Penugasan Penelitian oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional melalui DRPM UI tahun anggaran 2008 Nomor 420/SP2H/PP/DP2M/X/2008.

Daftar Acuan

- [1] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, A. Ittipibon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, Boston, London, 2001
- [2] Y. Chung, S. Jeon, D. Ahn, J. Choi, and T. Itoh, *IEEE Microw. Component Lett.* 14/1 (2004) 4-6.
- [3] B. Honarbakhsh, A. Tavakoli, *IEEE Antenna and Propagation Society (AP-S) Int. Symposium*, 2007, p.4300-4303.
- [4] D.Guha, M. Biswas, Y.M.M. Antar, *IEEE Antennas and Wireless Propagat. Lett.* 4/1 (2005) 455-458.
- [5] H. Liu, Z. Li, X. Sun, J. Mao, *IEEE Microw. and Wireless Components Lett.* 15/2 (2005) 55-56.
- [6] M. Salehi, A. Motevasselian, A. Tavakoli, and T. Heidari, *10th IEEE International Conference on Communication systems (ICCS)*. (2006) 1-5
- [7] S.H. Zaenud-Deen, M.E. Badr, E. El-Deen, K.H. Awadalla, A.Sharshar, *Int. Journal Progress in Electromagnetics Research B.* 4 (2008) 27-39.
- [8] E. K. I. Hamad, A.M. E. Safwat, A. S. Omar, *Proc. IEE Microw. Antennas Propagat.* 152 (2005) 229-304.
- [9] D. Guha, S. Biswas, M. Biswas, J.Y. Siddiqui, Y.M.M. Antar, *Antennas and Wireless Propagat. Lett.* 5/1 (2006) 402-405.
- [10] E.T. Rahardjo, F.Y. Zulkifli, M. Martin, *Proc. of Internat. Symp. on Antennas and Propagat. (ISAP)*, Niigata, Japan., 2007.
- [11] Fan Yang, *IEEE Transactions On Antennas And Propagation.* 51/10 (2003).
- [12] C.A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed., Wiley, New Jersey, 2005.