

# Pengembangan Antena Mikrostrip Susun untuk Radar Pengawas Pantai

## *Microstrip Antenna Array for Coastal Surveillance Radar*

Fitri Yuli Zulkifli<sup>a,\*</sup>, Yuyu Wahyu<sup>b</sup>, Basari<sup>a</sup>, dan Eko Tjipto Rahardjo<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Antenna Propagation and Microwave Research Group (AMRG)  
Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia  
Depok 16424, Indonesia

<sup>b</sup>Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.  
Komp LIPI Gd 20, Jl Sangkuriang 21/54D, Bandung 40135, Indonesia

---

### Abstrak

Makalah ini membahas pengembangan antena mikrostrip yang disusun secara linier sebanyak empat elemen untuk aplikasi radar pengawas pantai. Teknik pencatutan yang digunakan untuk mencatu antena susun ini adalah *proximity coupled*. Desain antena menggunakan software CST microwave studio dan dirancang untuk bekerja di frekuensi 9,4 GHz. Hasil simulasi memperlihatkan impedance bandwidth antena pada *return loss*  $\leq -9,54$  dB adalah 760 MHz dari 9,34-10,1 GHz dan dari hasil ukur adalah 860 MHz dari frekuensi 9,35-10,21 GHz. Di samping itu, hasil simulasi menunjukkan *half power beamwidth* (HPBW) pada  $\phi=0$  sebesar  $23,7^\circ$  dengan *sidelobe level* (SLL) sebesar -12,03 dB, sementara pada  $\phi=90$  diperoleh HPBW sebesar  $77,2^\circ$  dengan SLL tertekan sampai -19,78 dB. Sebagai tambahan, *gain* dari antena diperoleh sebesar 11,33 dB. Adapun hasil pengukuran menunjukkan hasil HPBW pada  $\phi=0$  sebesar  $20^\circ$  dengan SLL sebesar -18,9 dB dan pada  $\phi=90$  diperoleh HPBW sebesar  $65^\circ$  dengan SLL -15,51 dB.

**Kata kunci:** antena susun, antena mikrostrip, radar pengawas pantai, *proximity couple*.

---

### Abstract

This paper discusses a microstrip antenna linear array with four elements for Coastal Surveillance Radar. The feeding technique used for this antenna is proximity coupled feed technique. The software used for the antenna design is CST microwave studio software and the antenna is designed to work at frequency 9.4 GHz. Simulation result shows impedance bandwidth at return loss of  $\leq -9,54$  dB is 760 MHz from 9,34 – 10,1 GHz and the measurement results is 860 MHz from 9,35-10,21 GHz. Moreover, simulation results of the half power beamwidth (HPBW) at  $\phi=0$  is  $23,7^\circ$  with sidelobe level (SLL) of -12.03 dB, while at  $\phi = 90$  the HPBW is  $77,2^\circ$  with SLL of -19.78 dB. In addition, the antenna gain obtained is 11.33 dB. While measurement result shows HPBW at  $\phi = 0$  is  $20^\circ$  with SLL of -18.9 dB and at  $\phi=90$  the HPBW is  $65^\circ$  with SLL of -15.51 dB.

**Keywords:** microstrip antenna, array, coastal surveillance radar, proximity couple.

---

## I. PENDAHULUAN

Negara kesatuan republik Indonesia (NKRI) yang terdiri dari lebih 17.000 pulau dengan 2/3 wilayah terdiri dari lautan memerlukan pengamanan dan pengawasan wilayah dengan jumlah aparat dan peralatan yang sangat banyak. Pada kenyataannya, kemampuan TNI-AL dan POLRI untuk mengawasi wilayah RI sangat terbatas sehingga wilayah perairan Indonesia rawan akan pencurian ikan, pelanggaran wilayah oleh kapal-kapal asing, pembajakan kapal laut dan penyelundupan.

Salah satu cara untuk mengawasi pergerakan kapal laut sehingga dapat dicegah tindakan-tindakan yang dapat merugikan NKRI dan juga tabrakan kapal apabila hendak merapat ke pelabuhan adalah dengan menggunakan radar pengawas pantai (*coastal surveillance radar* (CSR)).

Dalam rangka memenuhi kebutuhan akan Radar untuk Indonesia, maka terjalinlah kolaborasi antara PPET-LIPI, UI, IRCTR-TU Delft dan institusi lainnya dalam pembuatan radar pertama buatan Indonesia yang dinamakan dengan INDRA (Indonesian Radar) [1] dan ISRA (Indonesian Surveillance Radar) [2].

Antena yang telah didesain untuk ISRA telah berkembang dan ada yang berupa antena mikrostrip [1], [3] dan ada juga antena yang berupa waveguide slot [4]. Antena mikrostrip pada [1] dan [3] dicatu secara langsung dengan saluran pencatu di bidang yang sama dengan *patch* antena sehingga ini dapat mempengaruhi unjuk kerja dari antena. *Sidelobe level* pada [3] juga masih sebesar 9,7 dB. Nilai ini masih terlalu besar untuk antena radar pantai yang memerlukan *sidelobe level* di bawah 13 dB. Di samping itu, antena ISRA mempunyai spesifikasi *impedance bandwidth* sebesar 60 MHz yaitu dari frekuensi 9,37 GHz sampai 9,43 GHz dengan frekuensi tengah di 9,4 GHz. *Gain* antena ISRA diharapkan lebih besar dari 25 dB dengan pola radiasi pada  $\phi=0$  (*vertical beamwidth*)  $< 30^\circ$  dan pada  $\phi=90$  (*horizontal beamwidth*)  $< 1^\circ$ .

Pada makalah ini akan dibahas pengembangan antena susun linier mikrostrip empat elemen untuk radar

---

\* Corresponding Author.

Email: yuli@eng.ui.ac.id

Received: November 18, 2013; Revised: Desember 2, 2013

Accepted: Desember 23, 2013

Published: Desember 30, 2013

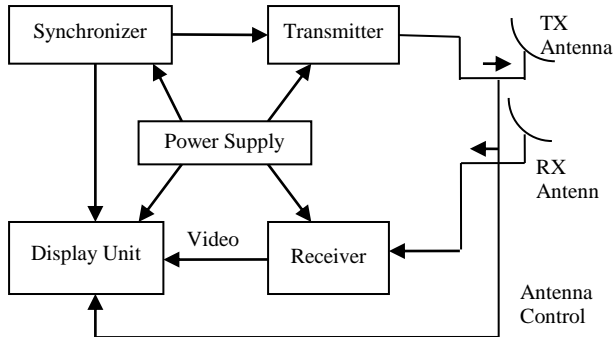
© 2013 PPET - LIPI

doi : 10.14203/jet.v13.55-59

pengawas pantai yang bekerja pada frekuensi 9,4 GHz atau di *X-band*.

## II. SISTEM RADAR

Radar merupakan akronim dari *radio detection and ranging*. Sistem radar merupakan sistem yang kompleks yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Radar [5].

Sistem radar akan mendeteksi obyek diawali dari bagian antenna. Antena merupakan komponen yang krusial dalam sistem radar karena dapat menentukan unjuk kerja sistem radar keseluruhan yaitu untuk mendeteksi suatu obyek.

Dari antenna, data yang terdeteksi akan diolah dan ditampilkan oleh unit peraga/*display unit*. Unit peraga ini yang mengolah sinyal yang diterima dari bagian penerima menjadi suatu gambar yang dapat diinterpretasikan dengan mudah oleh pengguna.

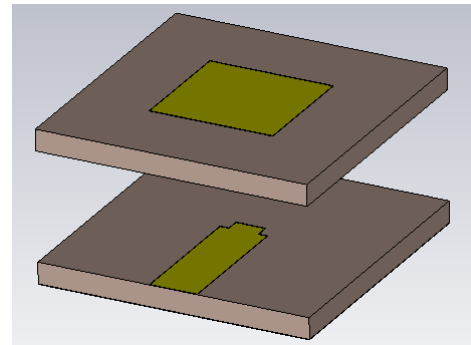
Oleh karena itu bila kemampuan deteksi radar semakin canggih yang berarti didukung dengan kemampuan antenna yang canggih juga, maka pemrosesan sinyal dari sinyal yang diterima oleh antenna penerima menjadi tidak susah lagi.

Untuk aplikasi radar pengawas pantai yang dikembangkan ini, memiliki spesifikasi antenna dengan frekuensi kerja 9,4 GHz, *impedance bandwidth* 60 MHz. Pola radiasi pada  $\phi=0$  lebih kecil dari  $30^\circ$  dan pada  $\phi=90$  lebih kecil dari  $1^\circ$  dengan SLL lebih kecil dari -13 dB. *Gain* antenna yang diinginkan lebih besar dari 25 dB [2].

## III. DESAIN ANTENA 4 ELEMEN

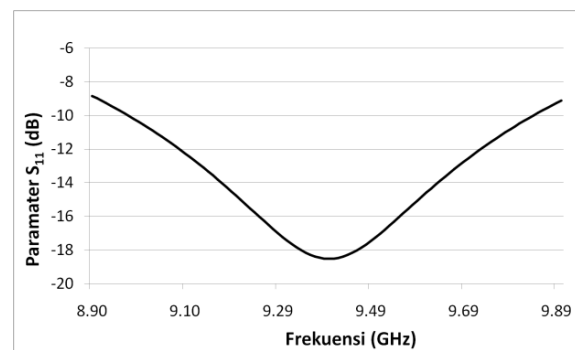
Sebelum mendesain antenna empat elemen, terlebih dahulu di desain antenna satu elemen berupa *patch* persegi panjang dengan teknik pencatutan *proximity couple*. Desain antenna mikrostrip dilakukan pada bahan substrat Roger 5880 dengan konstanta dielektrik 2,2, *tangential loss* 0,0009, dan ketebalan substrat 1,575 mm yang diperlihatkan pada Gambar 2. Untuk memperoleh desain antenna satu elemen ini menggunakan formula dari buku Balanis [6].

Gambar 2 memperlihatkan bahwa antenna terdiri dari dua lapisan substrat. Lapisan pertama bagian atas berupa satu elemen antenna berbentuk persegi panjang dan pada lapisan kedua substrat bagian atas merupakan mikrostrip line sebagai pencatu antenna. Kedua lapisan substrat ini ditumpuk untuk menghasilkan antenna satu elemen bentuk persegi panjang dengan teknik pencatutan *proximity coupling*.

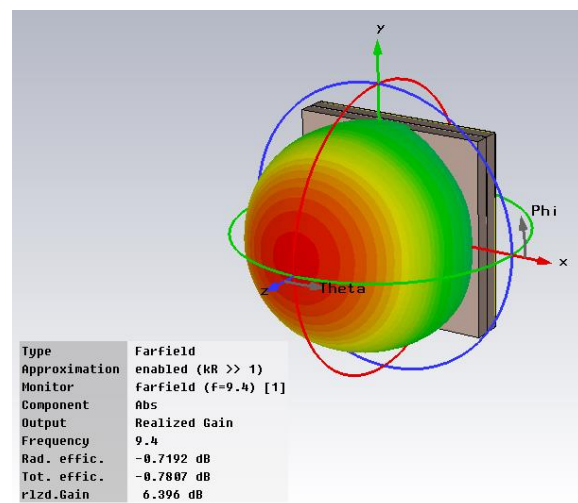


Gambar 2. Desain Antena Mikrostrip Satu Elemen Tampak Atas Secara Tiga Dimensi.

Hasil simulasi dari antenna satu elemen ini diperlihatkan pada Gambar 3.



(a)



(b)

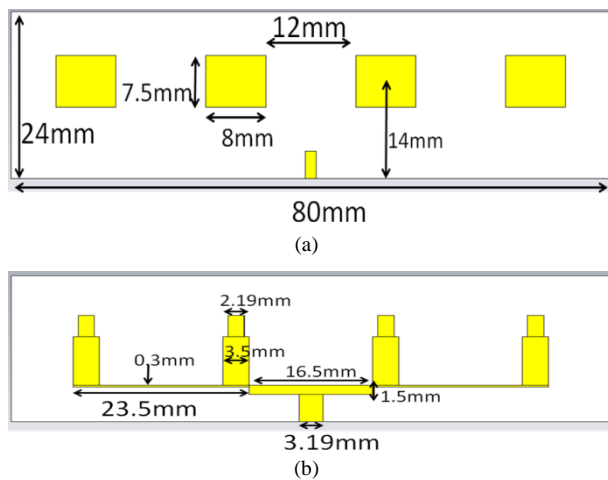
Gambar 3. Hasil Simulasi Satu Elemen, (a) Parameter  $S_{11}$ , (b) Pola radiasi 3-D.

Gambar 3 (a) memperlihatkan hasil simulasi parameter  $S_{11}$  yang menunjukkan frekuensi kerja dari antenna. Pada nilai  $S_{11} \leq -14$  dB, maka diperoleh *bandwidth* antenna selebar 450 MHz yaitu dari frekuensi 9,18 GHz sampai 9,63 GHz.

Adapun Gambar 3 (b) memperlihatkan hasil simulasi tiga dimensi dari pola radiasi antenna satu elemen dengan *patch* antenna menghadap ke arah sumbu Z. Di samping itu, Gambar 3 (b) juga memperlihatkan *gain* antenna satu elemen diperoleh sebesar 6,3 dB.

Antena satu elemen ini kemudian dikembangkan menjadi 4 x 1 elemen yang disusun secara linier. Hal ini

dilakukan untuk memperoleh pola radiasi  $\phi=0$  (*vertical beamwidth*)  $< 30^\circ$ . Antena empat elemen ini diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Antena Mikrostrip Empat Elemen Tampak Atas, (a) Lapisan Substrat 1, (b) Lapisan Substrat 2

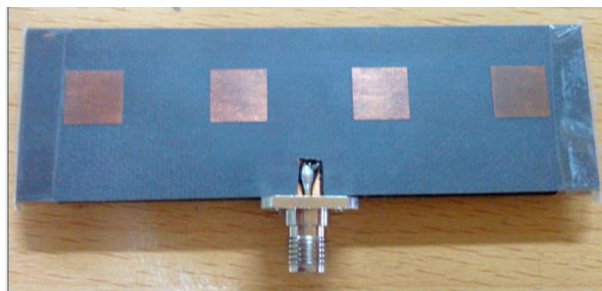
Antena mikrostrip ini terdiri dari dua lapisan substrat. Lapisan pertama terdiri dari *patch* berbentuk persegi panjang sebanyak empat buah elemen yang disusun secara linier berupa  $4 \times 1$  elemen seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4 (a).

Lapisan kedua substrat, pada bagian atas didesain pencatutan antena berupa konfigurasi *series feed unequal power divider* yang akan mencatu antena secara *proximity coupling*. Desain ini diperlihatkan pada Gambar 4 (b). Pada bagian bawah lapisan substrat kedua terdapat bagian pentanahan dari antena susun tersebut.

Bagian yang berwarna kuning atau yang diarsir merupakan bahan konduktor dari substrat tersebut.

#### IV. HASIL DAN ANALISIS

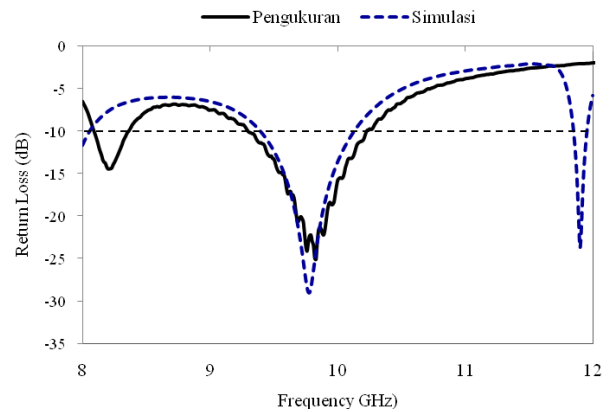
Pada bagian ini akan membahas hasil simulasi desain antena mikrostrip  $4 \times 1$  elemen dengan hasil pengukuran. Gambar 5 memperlihatkan foto hasil pabrikan dari antena mikrostrip  $4 \times 1$  elemen.



Gambar 5. Foto Antena Mikrostrip  $4 \times 1$  Elemen Tampak Atas

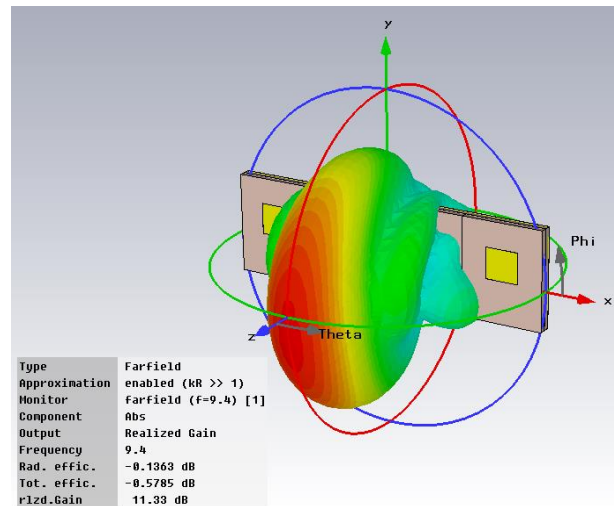
Hasil pertama yang diukur adalah frekuensi kerja antena susun empat elemen tersebut yang diperlihatkan pada Gambar 6. Bila membandingkan hasil simulasi dan hasil pengukuran dari frekuensi kerja antena, maka diperoleh hasil yang serupa. Hasil simulasi memperlihatkan *impedance bandwidth* antena pada *return loss*  $\leq -9,54$  dB adalah 760 MHz yaitu dari frekuensi 9,34 hingga 10,1 GHz dan dari hasil

pengukuran diperoleh *bandwidth* sebesar 860 MHz yaitu di frekuensi 9,35 sampai 10,21 GHz.



Gambar 6. Perbandingan Hasil *Return Loss* Antena.

Hasil pengembangan antena susun empat elemen ini menunjukkan *gain* antena sebesar 11,33 dB dengan pola radiasi tiga dimensi (3D) yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Simulasi Polaradiasi 3D Antena dan *Gain* Antena.

Bila hasil pola radiasi tiga dimensi ini diplot dalam dua dimensi, maka hasil pola radiasi tersebut akan diperlihatkan pada  $\phi=0$  yang ditunjukkan pada Gambar 8 (a) dan  $\phi=90$  yang diperlihatkan pada Gambar 8 (b).

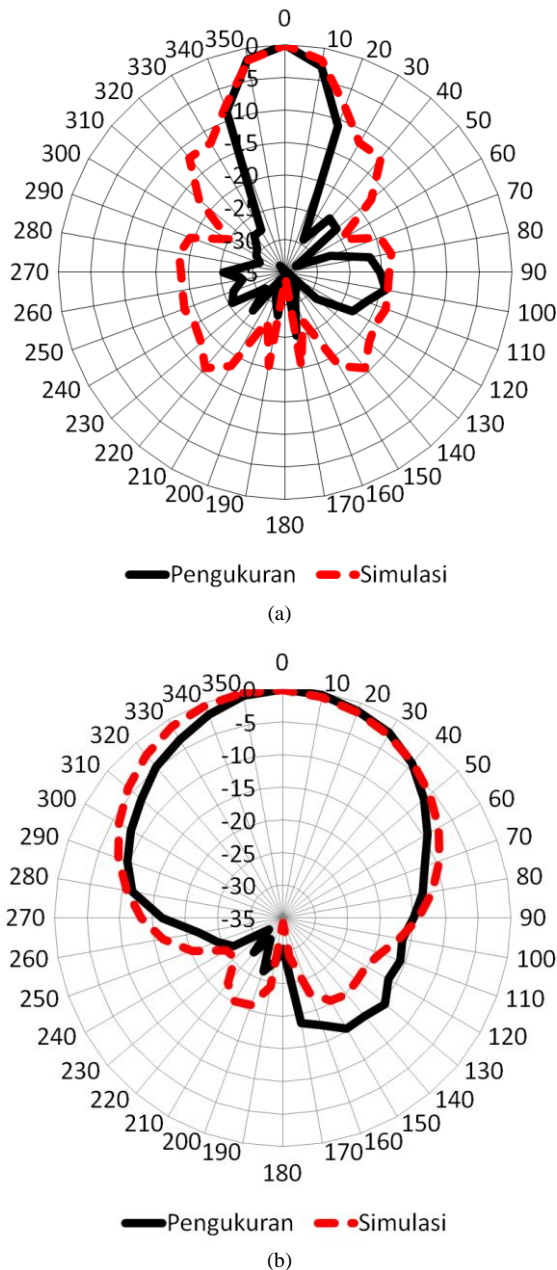
Hasil simulasi menunjukkan *half power beamwidth* (HPBW) pada  $\phi=0$  sebesar  $23,7^\circ$  dengan *sidelobe level* (SLL) sebesar -12,03 dB, sementara pada  $\phi=90$  diperoleh HPBW sebesar  $77,2^\circ$  dengan SLL tertekan sampai -19,78 dB.

Pengukuran pola radiasi antena dilakukan dalam ruang anti gema di laboratorium telekomunikasi Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Gambar 8 (a) memperlihatkan HPBW pada  $\phi=0$  diperoleh sebesar  $20^\circ$  dan di Gambar 8 (b) menunjukkan HPBW pada  $\phi=90$  sebesar  $65^\circ$ .

Hasil perbandingan pola radiasi antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran memperlihatkan bentuk pola yang serupa. Pada hasil pengukuran  $\phi=0$  memperlihatkan *sidelobe level* sebesar -18,9 dB dan

pada  $\phi=90$  memperlihatkan *sidelobe level* sebesar -15,51 dB.

Hasil desain antenna 4x1 elemen ini telah memenuhi spesifikasi pola radiasi  $\phi=0$  (*vertical beamwidth*) <  $30^\circ$ .

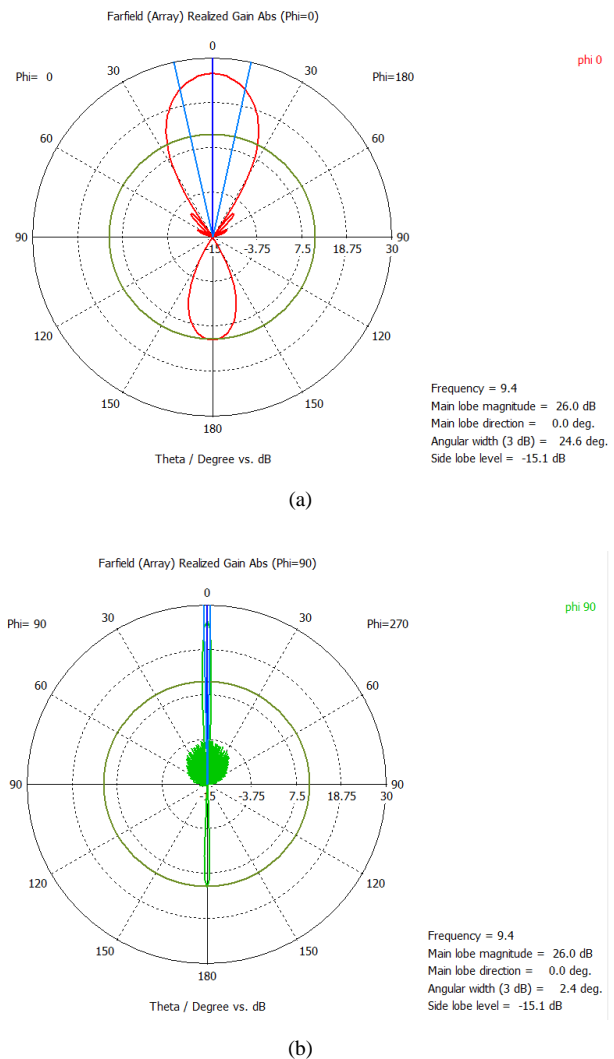


Gambar 8. Perbandingan Pola Radiasi, (a) pada  $\Phi=0$ , (b) pada  $\Phi=90$

## V. DESAIN ANTENA 4X64 ELEMEN

Hasil simulasi dan pengukuran dari antenna empat elemen ini dikembangkan lagi untuk memenuhi standar spesifikasi antenna radar pengawas pantai yang belum tercapai yaitu memperoleh *gain* antenna ISRA lebih besar dari 25 dB dengan pola radiasi pada  $\phi=90$  (*horizontal beamwidth*) <  $1^\circ$ .

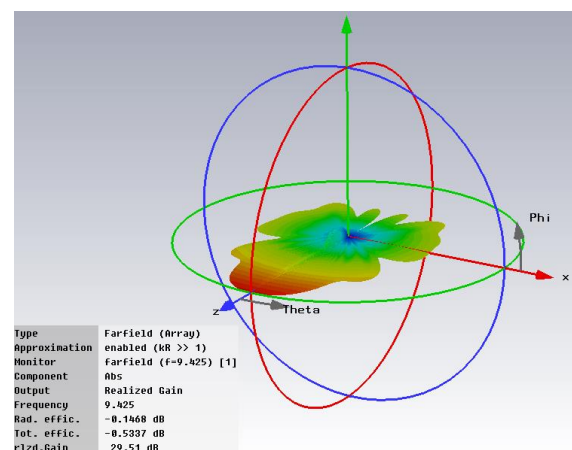
Untuk memperoleh spesifikasi ISRA khususnya *gain* antenna dan pola radiasi pada  $\phi=90$ , maka disimulasikan secara bertahap 4x32 elemen dan 4x48 elemen yang diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Simulasi Pola Radiasi 4x32 Elemen dan 4x48 Elemen, (a) pada  $\Phi=0$ , (b) pada  $\Phi=90$

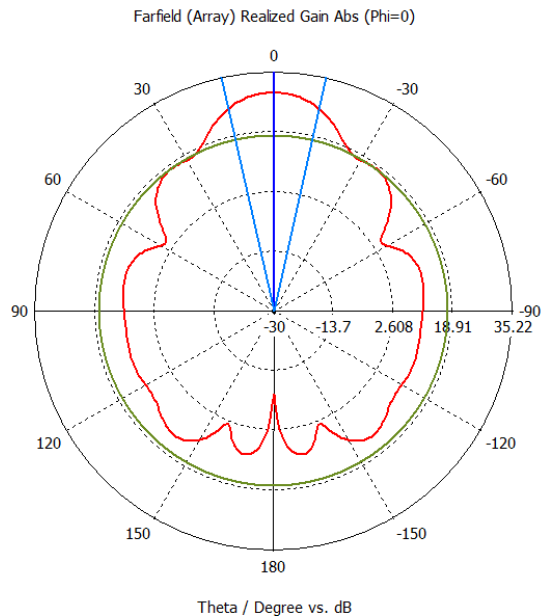
Dari hasil simulasi baik 4x32 elemen maupun 4x48 elemen menunjukkan pada  $\phi=90$  diperoleh HPBW sebesar  $2,4^\circ$  sehingga tidak berhasil diperoleh pola radiasi  $\phi=90$  (*horizontal beamwidth*) <  $1^\circ$ , oleh karena itu desain antenna dikembangkan lagi menjadi 4x64 elemen.

Hasil simulasi antenna 4x64 elemen diperlihatkan pada Gambar 10. Antena ini memiliki *gain* sebesar 29,51 dB.

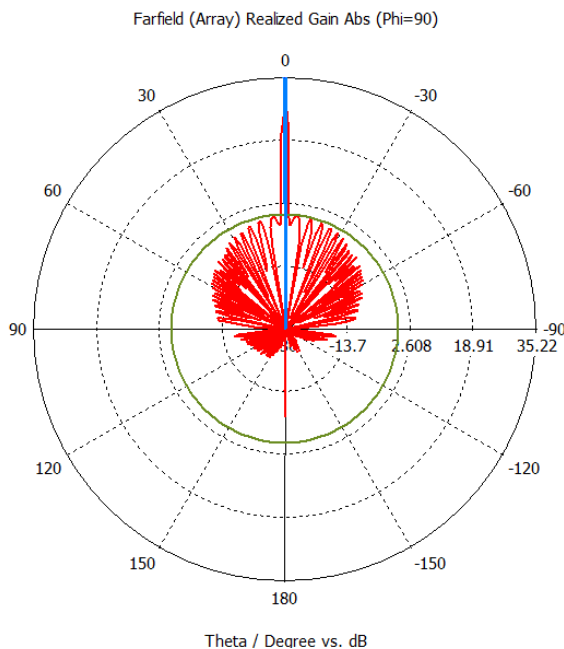


Gambar 10. Hasil Simulasi Pola radiasi 3D Antena dan *Gain* Antena





(a)



(b)

Gambar 11. Hasil Simulasi Pola Radiasi, (a) pada  $\Phi=0$ ,  
(b) pada  $\Phi=90$

Hasil simulasi pola radiasi ini bila dilihat pada  $\phi=0$  yang ditunjukkan pada Gambar 11 (a), memperlihatkan hasil HPBW sebesar  $25,1^\circ$  dengan SLL sebesar  $-11,7$ . Adapun pola radiasi antenna pada  $\phi=90$  yang diperlihatkan pada Gambar 11 (b), menunjukkan

bahwa diperoleh HPBW sebesar  $0,7^\circ$  dengan SLL sebesar  $-29,9$  dB.

Dari hasil simulasi ini, memperlihatkan bahwa untuk memenuhi spesifikasi antenna radar pengawas pantai, maka diperlukan antenna susun sebanyak  $4 \times 64$  elemen.

### KESIMPULAN

Desain antenna mikrostrip  $4 \times 1$  elemen dengan teknik pencatutan *proximity coupling* telah dilakukan, kemudian dipabrikasi, dilakukan pengukuran, dan hasilnya dianalisis. Hasil simulasi diperoleh bahwa antenna dapat bekerja pada frekuensi 9,4 GHz dan *gain* antenna diperoleh sebesar 11,33 dB. Pada  $\phi=0$  diperoleh HPBW sebesar  $23,7^\circ$  dengan SLL =  $-12,03$  dB. Sedangkan pada  $\phi=90$  diperoleh HPBW =  $77,2^\circ$  dengan SLL =  $-19,78$  dB. Adapun hasil pengukuran menunjukkan hasil HPBW pada  $\phi=0$  sebesar  $20^\circ$  dengan SLL sebesar  $-18,9$  dB dan pada  $\phi=90$  diperoleh HPBW sebesar  $65^\circ$  dengan SLL =  $-15,51$  dB.

Bila antenna ini dikembangkan lagi menjadi  $4 \times 64$  elemen, maka antenna ini sudah dapat memenuhi spesifikasi antenna radar pengawas pantai.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana dengan sebagian pendanaan didanai oleh Hibah Kolaborasi Nasional Universitas Indonesia dengan nomor kontrak: 0690/H2.R12/HKP.05.00 Perjanjian/2013.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Aditya Inzani Wahdiyat, Nugroho dan Dony Canisius Sirait yang telah membantu Penulis dari segi teknis.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Lestari, P. Hakkaart, J.H. Zijderfeld, F. V. D. Zwan, M. Hajian, and L. P. Ligthart, "INDRA: the Indonesian maritime radar" in *Proceedings of the 5th European Radar Conference*, 2008.
- [2] Mashury, "Building a radar from the scratch: ISRA LIPI radar experience", in *Proceeding International Conference on Telecommunications (ICTel)*, Bandung, 2009.
- [3] Y. Wahyu, Y. P. Saputera, and I. D. P. Hermida, "Array planar antenna using thick film on alumina substrate for X-band radar", in *Proc. Of International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics and Telecommunications (ICRAMET)*, Surabaya, 2013.
- [4] F. Y. Zulkifli, U. Ulya, E. T. Rahardjo, dan Y. Wahyu, "Pengembangan antenna waveguide 8 slot untuk aplikasi radar pengawas pantai", *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi, PPET-LIPI*, vol.12, no.1, Januari-Juni 2012.
- [5] B. Edge, *RADAR Principles, Technology, Applications*, Prentice Hall, Inc., 1993.
- [6] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Design Handbook*, Norwood, MA: Artech House Inc., 2001.