

SIMULASI ANTENA MIKROSTRIP POLARISASI MELINGKAR DENGAN RADIATOR BERBENTUK ELIPS UNTUK APLIKASI SENSOR CP-SAR

Yohandri, Asrizal

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Hamka Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, Indonesia 25131
yohandri.unp@gmail.com

ABSTRACT

In this paper, an elliptical microstrip antenna for circular polarization has been simulated. In general, a slightly elliptical antenna element generates elliptically polarized radiation. The circular polarization radiation can be obtained by arranging the feeding point of the antenna element on the radial line rotated 45° counter clockwise (or clockwise) to the semi-major-axis of the ellipse. A Method of Moment (MoM) is employed in optimizing the design and achieving a good circular polarization at the working frequency (L-Band). The simulated result gives a good circular polarization at the center frequency of 1.27 GHz with ellipse axis ratio of 1.031 and 3-dB axial ratio bandwidth of 1.0%. This satisfying result indicate that this elliptical antenna is promising for implementing on circularly polarized synthetic aperture radar (CP-SAR) sensor onboard an unmanned aerial vehicle.

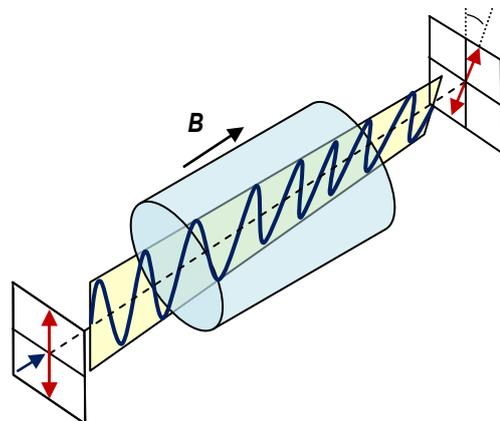
Keywords: *Microstrip antenna, Elliptical, Circular polarization, CP-SAR*

PENDAHULUAN

Efek rotasi Faraday merupakan salah satu fenomena interaksi antara gelombang elektromagnetik dengan elektron dan medan magnet. Fenomena rotasi ini sering dijumpai pada saat sebuah gelombang elektromagnetik merambat melalui ionosfir (Le Vine DM, et al., 2007). Adanya efek rotasi pada ionosfir ini dapat menyebabkan perubahan fase atau bentuk gelombang. Akibat perubahan ini menyebabkan kesalahan informasi atau cacat terhadap data yang terdapat pada gelombang. Besarnya rotasi yang terjadi sebanding dengan intensitas medan magnet B dalam arah penjalaran gelombang seperti diilustrasikan pada Gambar 1. Sudut rotasi Faraday (ψ) dipengaruhi beberapa parameter yang ada di ionosfir, dimana besarnya dapat diestimasi dengan persamaan (1) (Rignot, 2000).

$$\psi = 2.610^{-13} TEC B \lambda^2 \cos(\theta) \quad (1)$$

Dimana ψ dalam radian, TEC adalah isi elektron total (*total electron content*) dalam irisan ionosfir (elektron/meter). B adalah besarnya medan magnet bumi dalam Tesla, λ dan θ secara berurutan adalah panjang gelombang dalam meter dan sudut antara medan magnet dengan iluminasi radar dalam radian.



Gambar 1. Ilustrasi Efek Rotasi Faraday Gelombang Elektromagnetik dalam Ionosfir

Berdasarkan rumusan rotasi Faraday yang diungkapkan dalam persamaan (1), terlihat bahwa efek rotasi cukup mempengaruhi penjalaran dari gelombang elektromagnetik. *Synthetic Aperture Radar* (SAR) merupakan sebuah sistem yang bekerja menggunakan gelombang elektro magnetik. Saat ini, sebahagian besar sensor SAR bekerja dengan polarisasi linier. Polarisasi linier sangat mudah untuk dipengaruhi dalam ionosfir. Sesuai dengan persamaan (1), semakin besar panjang gelombang yang digunakan oleh sistem SAR maka efek rotasi akan semakin berpengaruh yang pada akhirnya dapat menyebabkan kesalahan terhadap data atau informasi yang dibawa. Besarnya rotasi yang terjadi untuk tiga pita gelombang yang umum C, L dan P dengan polarisasi linier adalah $2,5^\circ$, 40° and 321° (Freeman, 2004).

Efek rotasi yang terjadi pada SAR dengan polarisai linier dapat diatasi atau dikurangi dengan cara memancarkan gelombang secara melingkar (*circular polarization*) (Maini AK, 2007). Penggunaan polarisasi melingkar dapat menjaga gelombang yang sampai pada target sama dengan gelombang yang dipancarkan (Dubois F. dkk., 2008). Sebagai tambahan, karakteristik lengkap dari sensor SAR yang dipantulkan oleh objek yang acak hanya dapat diperoleh dengan menggunakan polarisasi melingkar (Raney, 2007). Oleh karena itu, sensor SAR dengan polarisasi melingkar (*Circularly-Polarized SAR*, CP-SAR) dapat digunakan untuk mengatasi efek rotasi Faraday yang terjadi di ionosfir (Freeman, 2004 dan Mayer, 2008).

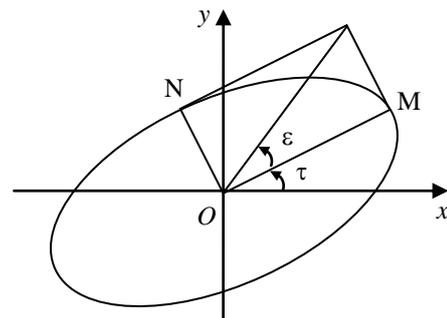
Dalam penelitian sebelumnya, sejumlah antenna dengan polarisasi melingkar sudah dikembangkan (Yohandri, 2011). Namun, model yang dikembangkan masih memiliki beberapa kelemahan terutama dalam hal kerumitan desain. Untuk itu, dalam artikel ini akan diuraikan sebuah model baru dalam mendesain sebuah antenna dengan polariasi melingkar

menggunakan radiator berbentuk elips untuk aplikasi sensor CP-SAR.

Secara umum, tulisan ini akan membahas cara mendesain antenna mikrostrip dengan polarisasi melingkar untuk sensor CP-SAR. Dalam uraian selanjutnya akan dibahas tentang *axial ratio*, sensor CP-SAR dan desain antenna. Dalam sesi kedua akan dijelaskan tentang metode penelitian. Hasil penelitian dan pembahasan akan diuraikan pada sesi ketiga. Sementara itu, pada bagian akhir akan disampaikan kesimpulan dari penelitian ini.

Axial Ratio

Polarisasi dari gelombang elektro magnetik dapat dikategorikan berdasarkan parameter *axial ratio* (AR). *Axial ratio* adalah perbandingan sumbu mayor dan minor dari polarisasi gelombang berbentuk elips yang umumnya dinyatakan dalam dB. Parameter polarisasi ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Parameter Polarisasi

Berdasarkan Gambar 2, maka eliptisitas sebagai fungsi dari *axial ratio* dapat diungkapkan dengan persamaan

$$\varepsilon = \cot^{-1}(-AR) \quad (2)$$

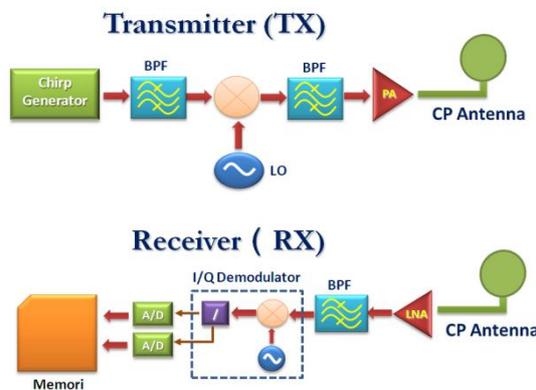
Disini, ε adalah sudut eliptisitas ($-45^\circ \leq \varepsilon \leq 45^\circ$) dan AR adalah nilai *axial ratio*. Besarnya axial ratio dapat ditentukan dengan rumusan (Stutzman, W., L., 1993)

$$AR = \frac{\text{panjang sumbu mayor}}{\text{panjang sumbu minor}} = \frac{OM}{ON} \quad (3)$$

Dimana OM dan ON secara berurutan adalah nilai maksimum dan minimum amplitudo medan magnet. Nilai AR sama dengan 1 untuk polarisasi melingkar sempurna dan bernilai tidak hingga untuk polarisasi linier. Untuk nilai AR antara 1 dan tak hingga, polarisasi gelombang dikelompokkan pada polarisasi elips. Sementara itu, arah polarisasi ditentukan oleh nilai dari AR. Jika AR bernilai positif, maka arah polarisasi melingkar kekanan (*right-handed*) dan sebaliknya jika negatif maka arah polarisasi melingkar ke kiri (*left-handed*)

Sensor CP-SAR

Sensor CP-SAR bekerja dengan cara memancarkan dan menerima gelombang yang terpolarisasi secara melingkar (*circularly polarized*). Secara garis besar, sensor CP-SAR dibangun atas dua bagian yaitu bagian pemancar (*transmitter*) dan bagian penerima (*receiver*). Blok diagram dari sensor CP-SAR seperti terlihat dalam Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Blok Diagram Sensor CP-SAR

Dalam Gambar 3 terlihat, blok pemancar dibangun oleh sebuah pembangkit *chirp*, *band pass filter* (BPF), *up-converter*, penguat daya (*power amplifier*, PA) dan antena dengan polarisasi melingkar (CP-antena). Sementara itu, pada bagian penerima sinyal akan ditangkap kembali dengan antena dengan polarisasi melingkar. Umumnya, sinyal yang diterima cukup kecil sehingga perlu diperkuat menggunakan penguat noise rendah (*low*

noise amplifier, LNA), kemudian difilter dengan *band pass filter* (BPF). Sinyal yang keluar dari filter kemudian didemodulasi menggunakan I/Q demodulators. Selanjutnya, sinyal dikonversi kedalam bentuk digital menggunakan ADC dan disimpan dalam sebuah memori data.

Dalam sistem sensor CP-SAR, polarisasi melingkar yang digunakan dapat melingkar ke kiri (*left handed circularly polarized*, LHCP) maupun melingkar kekanan (*right handed circularly polarized*, RHCP). Perbedaan dari kedua jenis polarisasi melingkar ini hanya pada arah perputaran gelombang saat dipancarkan dari antena pemancar.

Parameter dan spesifikasi dari sistem sensor CP-SAR ditentukan oleh target penggunaan dari sensor. Untuk kebutuhan pemantauan vegetasi, spesifikasi dari sensor yang dikembangkan baik untuk satelit mikro (μ SAT) atau pesawat tanpa awak (UAV) dapat merujuk pada Tabel 1 (Rizki Akbar, 2010 dan 2010).

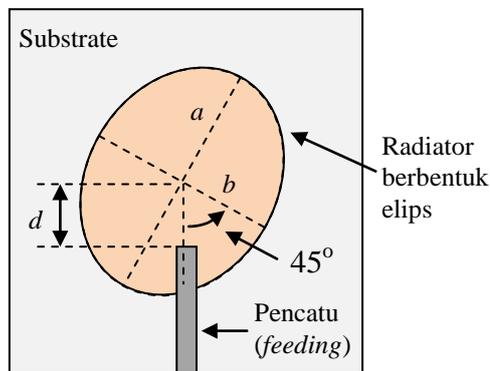
Tabel 1. Speksifikasi Sensor CP-SAR

Parameter	Spesifikasi	
	UAV	μ SAT
Pusat frekuensi	1,27	
<i>Axial ratio</i> (dB)	≤ 3	
Tingkat sidelobe (dB)	>15 dB	
Gain antena (dBic)	14,32	36,6
Beamwidth azimuth	$6,77^\circ$	$1,08^\circ$
Beamwidth elevasi	$3,57^\circ$	$2,16^\circ$
Polarisasi (Tx/Rx)	RHCP/LHCP	

Desain Antena

Antena polarisasi melingkar yang dikembangkan berbentuk elips. Polarisasi melingkar dari radiator berbentuk elips ini dihasilkan dengan cara mengatur perbandingan panjang sumbu mayor dan minor. Sementara itu, arah polarisasi, melingkar ke kiri atau ke kanan ditentukan melalui penempatan pencatu (*feeding*) pada posisi 45° . Frekuensi kerja dari antena dapat diatur melalui luas radiator dan polarisasi melingkar diatur melalui perbandingan panjang sumbu mayor dan minor. Secara

sederhana bentuk geometri dari antenna yang dirancang seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Geometri Antena Elips

Seperti terlihat pada Gambar 4, ada beberapa parameter geometri yang mempengaruhi karakteristik dari antenna. Dalam gambar ini, a adalah panjang sumbu mayor dan b adalah panjang sumbu minor. Sementara d adalah jarak antara ujung pencatu ke pusat elips. Melalui parameter geometri ini dapat dihitung rasio (r) perbandingan sumbu mayor dan minor dari elips dengan persamaan

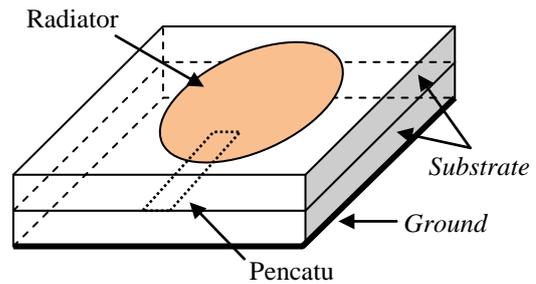
$$r = \frac{a}{b} \quad (4)$$

Sementara itu, luas dari radiator elips (A) dapat dihitung menggunakan persamaan

$$A = \pi ab \quad (5)$$

Parameter r dan A dalam persamaan (4) dan (5) sangat menentukan dalam merancang polarisasi melingkar dan frekuensi kerja dari antenna.

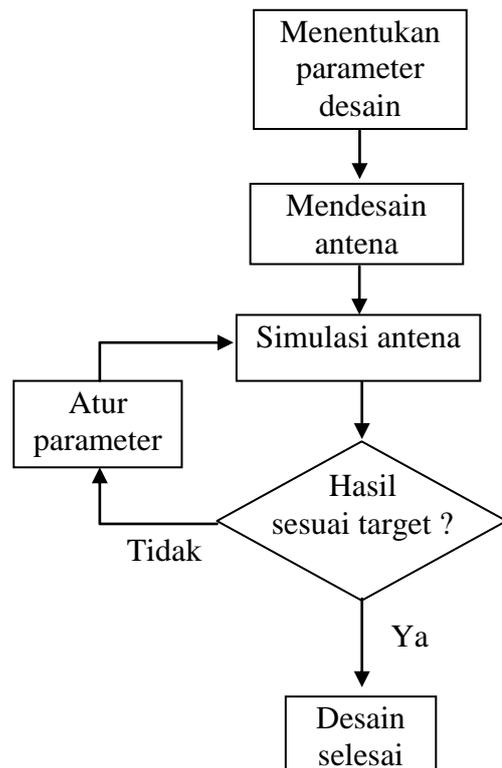
Teknik pencatu yang digunakan dalam desain antenna ini adalah jenis *proximity feed*. Teknik ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya dapat mengurangi radiasi palsu dan meningkatkan lebar frekuensi kerja dari antenna (*bandwidth*) (Pozar DM. dkk., 1987). Dalam teknik ini, antenna dibuat menggunakan dua lapisan substrate dan pencatu ditempatkan di tengah diantara bagian radiator dan *ground*. Susunan tiap lapisan antenna menggunakan teknik *proximity feed* seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Teknik *Proximity Feed*

METODE PENELITIAN

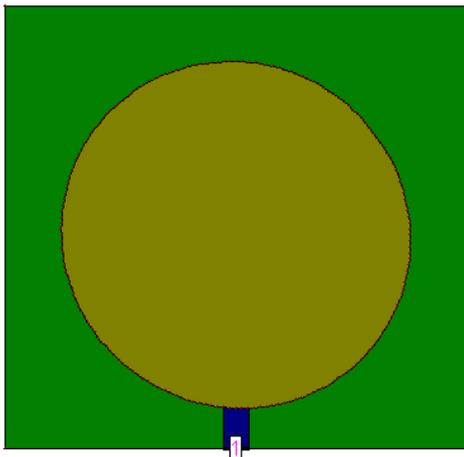
Dalam mendesain antenna ini dilakukan beberapa langkah diantaranya adalah penentuan parameter antenna, mendesain bentuk antenna, mensimulasikan, membandingkan hasil simulasi dengan target yang diinginkan dan merevisi jika hasil belum sesuai dengan yang diharapkan. Alur sederhana tahap-tahap pengembangan antenna seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tahap-Tahap Mendesain Antena

Desain antenna dirancang menggunakan substrat dari Nippon pillar seri NPC-H220A. Spesifikasi dari substrat yang digunakan dalam desain ini adalah tebal masing-masing $t = 1,6$ mm, tebal bahan konduktor $t_c = 35 \mu\text{m}$, konstanta dielectrik $\epsilon_r = 2,17$ dan faktor disipasi daya $\delta = 0,0005$. Selama proses desain parameter bahan ini dijaga konstan. Sementara itu, ground antenna dikembangkan dengan menggunakan model terbatas.

Untuk mendapatkan hasil simulasi yang sesuai dengan target, geometri antenna dioptimasi menggunakan perangkat lunak yang bekerja dengan *method of moment* (MoM). Salah satu perangkat lunak yang menggunakan algoritma metode *moment* adalah IE3D dari Zeland. IE3D adalah *software* simulasi yang mengintegrasikan gelombang elektromagnetik dan paket optimasi sehingga dapat menghasilkan analisis dengan akurasi yang tinggi. *Software* ini dapat digunakan untuk berbagai analisis termasuk antenna planar atau tiga dimensi (Zeland, 2006). Hasil yang dapat diperoleh dari IE3D antara lain koefisien refleksi, impedansi masukan, bentuk radiasi dan distribusi arus. Gambar 7 menampilkan bentuk desain antenna dalam perangkat lunak IE3D.

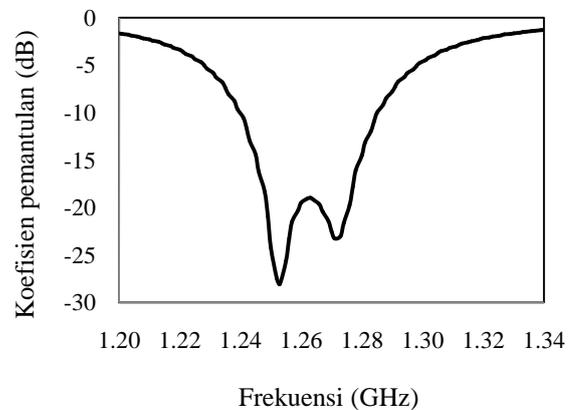


Gambar 7. Desain Antena dalam IE3D

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, diperoleh karakteristik antenna sesuai dengan target spesifikasi yang diinginkan. Hasil simulasi antenna ditampilkan pada Gambar 8 hingga Gambar 15. Karakteristik yang diamati meliputi koefisien pemantulan (S_{11}), *axial ratio* (AR), gain dan pola radiasi (*radiation pattern*).

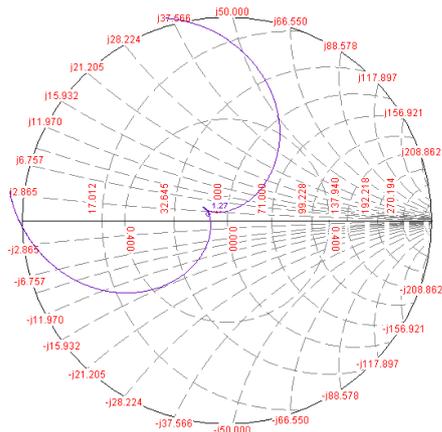
Frekuensi kerja dari antenna yang dirancang ditampilkan dalam grafik koefisien pemantulan (S_{11}) seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Simulasi Koefisien Pemantulan Sebagai Fungsi dari Frekuensi

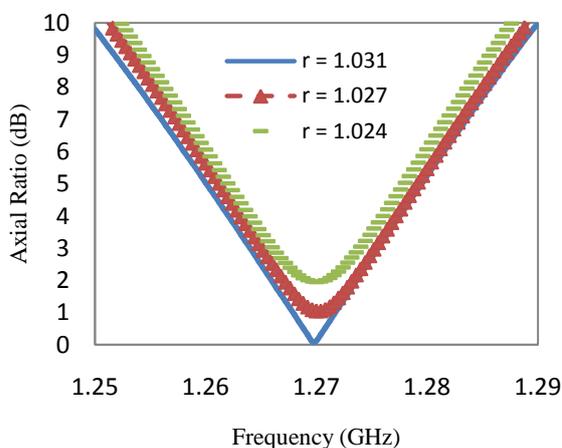
Koefisien pemantulan hasil simulasi diperoleh sebesar -28 dB. Lebar frekuensi kerja (*bandwidth*) antenna pada -10 dB adalah 50 MHz yang membentang dari 1,24 GHz hingga 1,29 GHz. Terlihat dari gambar bahwa, pusat frekuensi kerja dari antenna berada sekitar 1,27 GHz sesuai dengan target frekuensi yang diinginkan.

Impedansi pada *port* masukan antenna harus berada sekitar 50 Ohm. Nilai impedansi ini dapat diketahui dari grafik Smith *chart* pada Gambar 9. Terlihat dalam Gambar, nilai impedansi *port* masukan pada frekuensi 1,27 GHz sekitar 50 Ohm. Hal ini menunjukkan antenna dapat dihubungkan dengan sistem tanpa adanya ketidakcocokan impedansi.



Gambar 9. Grafik Smith chart

Setelah frekuensi kerja antenna diperoleh dan impedansi masukan antenna 50 Ohm, selanjutnya antenna diatur untuk memancarkan radiasi dengan polarisasi melingkar. Polarisasi melingkar dapat diperoleh melalui pengaturan rasio (r) panjang sumbu mayor dan minor dari radiator elips. Hasil dari polarisasi melingkar yang dihasilkan dapat dipantau melalui besarnya nilai *axial ratio*. Hasil simulasi *axial ratio* versus frekuensi ditampilkan dalam Gambar 10.

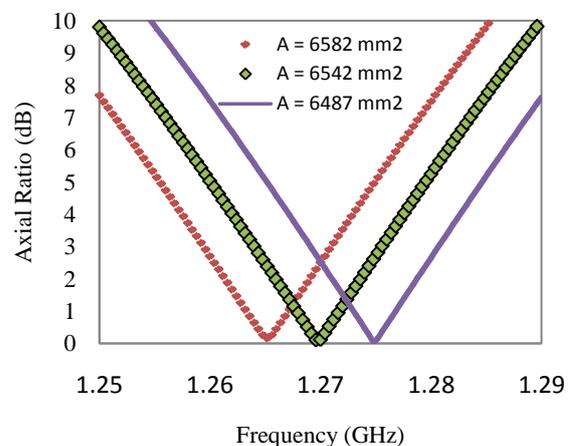


Gambar 10. Hasil Simulasi *Axial Ratio* Versus Frekuensi Dengan Tiga Variasi Rasio Panjang Sumbu Radiator Elips

Besarnya *axial ratio* dari antenna elips ditentukan oleh perbandingan antara panjang sumbu mayor dengan minor dari elips. Berdasarkan data hasil simulasi,

terlihat bahwa polarisasi melingkar sempurna dari antenna diperoleh untuk rasio panjang sumbu elips sekitar 1,031 dengan nilai *axial ratio* mendekati 0 dB pada frekuensi 1,27GHz. Nilai *axial ratio* 0 dB berarti amplitudo medan magnet maksimum dan minimum memiliki nilai yang hampir sama. Sementara untuk rasio 1,027 dan 1,024, nilai *axial ratio* yang dihasilkan masih cukup tinggi sehingga polarisasi tidak melingkar sempurna. Namun secara praktis, antenna masih dianggap memiliki polarisasi melingkar jika nilai *axial ratio* berada di bawah 3dB.

Rasio terbaik dari perbandingan sumbu elips radiator dapat digunakan dalam merancang frekuensi kerja antenna untuk polarisasi melingkar. Dalam simulasi akan ditampilkan cara merubah frekuensi kerja antenna dengan polarisasi melingkar melalui pengaturan luas permukaan radiator elips seperti ditunjukkan dalam Gambar 11. Dalam grafik ini, rasio panjang sumbu dibuat tetap dengan nilai $r = 1,031$ berdasarkan hasil yang diperoleh dari grafik pada Gambar 10.

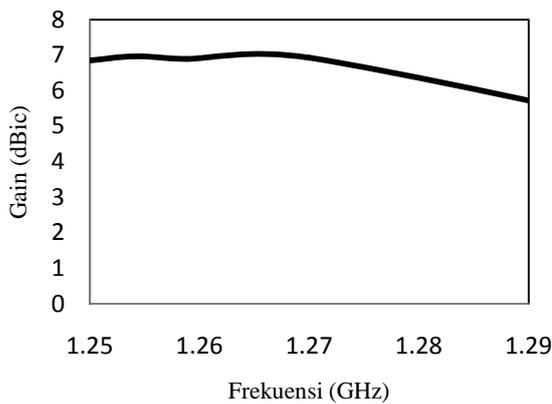


Gambar 11. Hasil Simulasi *Axial Ratio* Versus Frekuensi dengan Tiga Variasi Luas Radiator

Gambar 11 menunjukkan bahwa frekuensi kerja antenna untuk polarisasi melingkar dapat diatur dengan merubah luas radiator elips dan menjaga perbandingan atau rasio panjang sumbu elips. Semakin luas permukaan radiator, maka frekuensi kerja

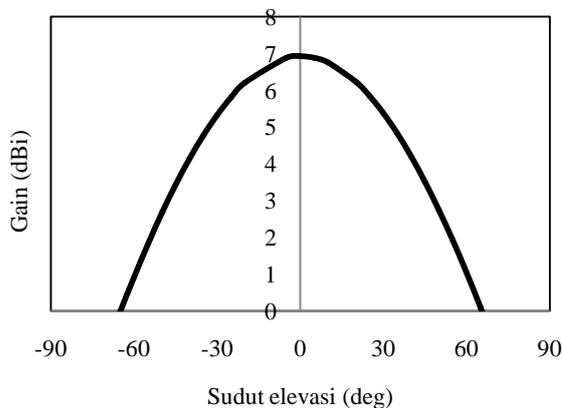
antena polarisasi melingkar akan bergeser ke frekuensi yang lebih rendah, begitu juga sebaliknya.

Hasil simulasi gain antenna sebagai fungsi dari frekuensi ditunjukkan dalam Gambar 12. Dari Gambar terlihat, pada pusat frekuensi kerja gain antenna hasil simulasi diperoleh sekitar 7 dBic.



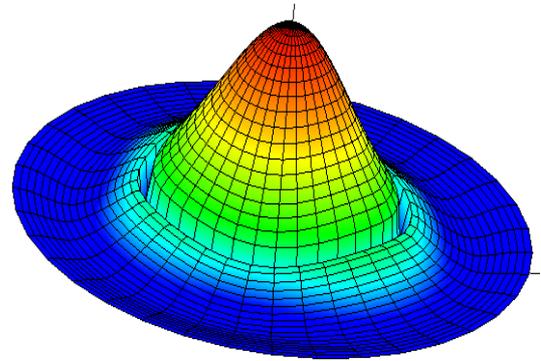
Gambar 12. Hubungan Antara Gain Dan Frekuensi Pada Sudut $\theta = 0^\circ$

Pola radiasi dari antenna dapat diketahui dari hubungan antara gain antenna dengan sudut pemancaran radiasi. Dalam Gambar 13, ditampilkan hasil simulasi pola radiasi dari antenna pada frekuensi 1,27 GHz. Berdasarkan pola radiasi yang terlihat pada Gambar, maka dapat dinyatakan radiasi dipancarkan dalam arah 0° atau tegak lurus dengan bidang antenna.



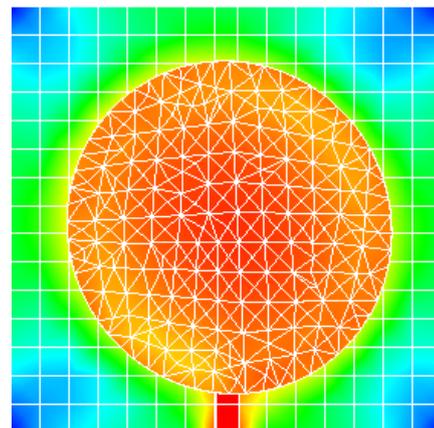
Gambar 13. Simulasi Pola Radiasi dalam Sudut Elevasi pada Frekuensi $f = 1,27$ GHz

Pola radiasi ini juga dapat dilihat dari tampilan 3D seperti pada gambar 14. Intensitas radiasi tertinggi berada pada sudut 0 derajat dan posisinya tegak lurus terhadap permukaan antenna.



Gambar 14. Pola Radiasi 3D dalam Sudut Elevasi pada Frekuensi $f = 1,27$ GHz

Sebaran arus pada permukaan antenna dapat diperiksa dari distribusi arus. Distribusi arus ini menggambarkan intensitas arus tertinggi berada di pusat antenna seperti terlihat dalam Gambar 15. Dengan demikian, radiasi utama yang dipancarkan antenna berasal dari tengah radiator elips.



Gambar 15. Distribusi Arus pada Antena

KESIMPULAN

Antena mikrostrip polarisasi melingkar dengan radiator berbentuk elips telah dirancang dan disimulasikan. Frekuensi kerja dari antenna dapat diatur dengan merubah luas dari radiator. Untuk

frekuensi kerja lebih tinggi luas dari radiator diperkecil dan sebaliknya untuk frekuensi kerja lebih rendah. Sementara itu, polarisasi melingkar dari antena dapat dicapai dengan mengatur rasio panjang sumbu mayor dan sumbu minor sehingga dihasilkan nilai axial ratio yang mendekati 0 dB. Hasil simulasi menunjukkan peran cangan antena polarisasi melingkar menggunakan radiator berbentuk elips mem berikan kemudahan dalam mengatur frekuensi kerja dan nilai axial ratio dari antena. Kemudahan dalam mendesain, membuat antena dengan radiator elips cukup menjanjikan untuk digunakan pada sensor CP-SAR.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dirjen Pendidikan Tinggi, Kementerian Ristek dan Dikti untuk dana Penelitian Hibah Bersaing tahun 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Dubois-Fernandez, P.C., Souyris, J.-C.; Angelliaume, S., Garestier, F., 2008. **The Compact Polarimetry Alternative For Spaceborne Sar At Low Frequency.** IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 46, pp. 3208-3222.
- Freeman, A. and Saatchi, S., **on The Detection of Faraday Rotation In Linearly Polarized, L-Band Sar Backscatter Signatures,** Ieee Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 42, No. 8, 1607-1616, 2004.
- Le Vine, D. M., Jacob S. D., Dinnat, E. P., de Matthaëis, P., and Abraham, S., **“The Influence Of Antenna Pattern On Faraday Rotation In Remote Sensing At L-Band,”** Ieee Trans. On Geoscience And Remote Sensing, Vol. 45, No. 9, 2737-2746, 2007.
- Maini, A. K. and Agrawal, V., **Satellite Technology: Principles and Applications,** John Wiley, England, 2007.
- Pozar, D. M. and Kaufman, B., **“Increasing The Bandwidth Of A Microstrip Antenna By Proximity Coupling,”** Electronics Letters, Vol. 23, No. 8, 368-369, April 1987.
- Raney, R.K., 2007, **“Hybrid-Polarity SAR Architecture,”** IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing, Vol. 45, No. 11, pp. 3397 – 3404.
- Rignot, J.M., 2000, **“Effect of Faraday Rotation on L-Band Interferometric and Polarimetric Synthetic-Aperture Radar Data,”** IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, Vol. 38, No. 1, pp. 383-390.
- Rizki Akbar, P., Sri Sumantyo, J.T., and Kuze, H., 2010. **CP-SAR UAV development, International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Science,** Vol. XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan, pp. 203-208.
- Rizki Akbar, P., Tetuko S. S, J. and Kuze, H., **A Novel Circularly Polarized Synthetic Aperture Radar (Cp-Sar) Onboard Spaceborne Platform.** International Journal of Remote Sensing, 31(04), pp. 1053 – 1060, 2010.
- Stutzman, W., L., **Polarization in Electromagnetic System,** Artech House, USA, 1993.
- Yohandri, Sri Sumantyo, J.T., Hiroaki Kuze, **A New Triple Proximity-Fed Circularly Polarized Microstrip Antenna,** Volume 66, Issue 5, May 2012, Pages 395-400
- Zeland Software Inc., January 2006, **IE3D User's Manual Release 11.2.**