

Antena Ring Susun Cetak Dengan Pencatuan Berbeda Fasa Untuk Aplikasi SAR Pada Pita Frekuensi L

Rheyuniarto Sahlendar Asthan, Sitia Gamawati Erta Lestari, Achmad Munir

Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung Jalan Ganesha No. 10 Bandung, Indonesia munir@ieee.org

Abstrak – Perancangan dan simulasi antena ring susun cetak dengan pencatuan berbeda fasa dipaparkan pada tulisan ini. Antena dirancang untuk bekerja pada frekuensi tengah 1,275GHz untuk aplikasi *synthetic aperture radar* (SAR) pada pita frekuensi L. Antena terdiri dari 20 elemen ring yang disusun dari 4 set antena ring susun 1 5. Dalam perancangannya, bagian tepi atas dan bawah ring dicatu dengan fasa yang berbeda untuk menghasilkan pola radiasi yang simetris dan dengan nilai

koefisien refleksi (S_{11}) dibawah 10dB. Beberapa studi parameter dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter fisik antena terhadap karakteristik antena secara keseluruhan. Metode pencatuan yang digunakan adalah *proximity coupling*. Antena dirancang menggunakan material dielektrik FR-4 epoxy dengan ketebalan 1,6mm. Data hasil simulasi menunjukkan bahwa antena yang dirancang dapat bekerja pada frekuensi 1,275GHz dengan nilai S_{11} sebesar

21,65dB dan menghasilkan *bandwidth* impedansi sebesar 80MHz pada rentang frekuensi 1,21 sampai 1,29GHz. Lebar

berkas azimut (bidang E) pada arah sebesar 0° dan 90° masing-masing yaitu sebesar 43° dan 63° . *Gain* antena yang dihasilkan yaitu sebesar -11,24dBi dengan dimensi akhir sebesar 199,3mm 189,5mm.

Kata kunci – pencatuan berbeda fasa, antena ring susun cetak, *synthetic aperture radar* (SAR), pita frekuensi L.

1. PENDAHULUAN

Radio detection and ranging atau radar merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk mendeteksi, melacak, serta mengidentifikasi keberadaan suatu target atau objek tertentu menggunakan gelombang radio. Umumnya radar digunakan untuk keperluan militer dan penerbangan sipil, dalam hal ini pengontrolan lalu lintas kendaraan di udara serta sistem navigasi, seperti *primary surveillance radar* (PSR) dan *secondary surveillance radar* (SSR). Tidak hanya sampai disitu, sistem radar kemudian dikembangkan untuk penginderaan jarak jauh yang meliputi pelacakan dan pemantauan kondisi cuaca, pemetaan tanah, pengukuran karakteristik atmosfer, lautan, dan lain sebagainya.

Pada sistem penginderaan jarak jauh, *synthetic aperture radar* (SAR) diperkenalkan karena memiliki resolusi tinggi yaitu resolusi *cross range* atau yang lebih dikenal dengan resolusi azimut [1]. Sistem radar dengan resolusi tinggi memiliki kemampuan untuk memisahkan hamburan-hamburan pada jarak yang sangat dekat dari target yang diinginkan [2]. Resolusi tinggi dapat diperoleh dengan

menggunakan antena yang memiliki apertur besar dan lebar berkas sempit. Selain itu, dengan meningkatkan *bandwidth* sinyal radar, resolusi tinggi dapat dicapai [1] [3].

Beberapa tipe antena telah diteliti untuk diterapkan pada sistem SAR dan kebanyakan diantaranya adalah antena mikrostrip atau *patch* [4] [7] dan antena *slot* [8] [9]. Pada beberapa kasus khususnya sistem yang bekerja pada frekuensi rendah, antena mikrostrip konvensional memiliki dimensi yang besar karena frekuensi resonansi berbanding terbalik dengan dimensi antena [10]. Antena pada sistem SAR umumnya ditempatkan pada bagian pesawat atau satelit sehingga antena dengan dimensi yang cukup besar dapat menjadi salah satu kendala dalam proses realisasi, khususnya antena susun atau *M-array*.

Antena ring sebelumnya telah dilaporkan pada [11] [12] untuk aplikasi multi-band karena memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan antena mikrostrip konvensional, mudah difabrikasi, serta lebih sederhana untuk aplikasi yang diinginkan. Namun, antena tersebut memiliki *bandwidth* yang sempit yaitu 0,67–2,23% [11] dan 1,89% [12]. Beberapa metode telah diterapkan untuk memperlebar *bandwidth*, salah satunya adalah dengan meningkatkan ketebalan dielektrik substrat menggunakan metode pencatuan *proximity coupling* [10].

Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan simulasi antena ring susun cetak berbentuk sirkular dengan jumlah elemen 4 5. Pencatuan berbeda fasa menggunakan metode *proximity coupling* diterapkan untuk menghasilkan bentuk pola radiasi yang simetris [13]. Saluran pencatu dihubungkan dengan konektor SMA 50 Ω . Material dielektrik yang digunakan adalah FR-4 epoxy dengan ketebalan 1,6mm. Antena dirancang agar dapat bekerja pada frekuensi tengah 1,275GHz untuk aplikasi SAR pita frekuensi L.

2. PERANCANGAN ANTENA RING SUSUN

Antena ring susun berbentuk sirkular terdiri dari 4 set antena ring susun 1 5, dimana setiap set antena tersebut dihubungkan dengan saluran pencatu menggunakan *corporate feed network* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam perancangannya, bagian tepi atas dan bawah ring dicatu dengan fasa yang berbeda menggunakan satu port masukan. Karena metode pencatuan yang digunakan adalah *proximity coupling* maka antena terdiri dari 2 substrat dielektrik yaitu bagian atas dan bagian bawah. Material dielektrik yang

digunakan untuk masing-masing substrat adalah FR-4 epoxy dengan permitivitas relatif (ϵ_r) sebesar 4,29, faktor disipasi ($\tan \delta$) sebesar 0,02, dan dengan ketebalan substrat (h) sebesar 1,6mm.

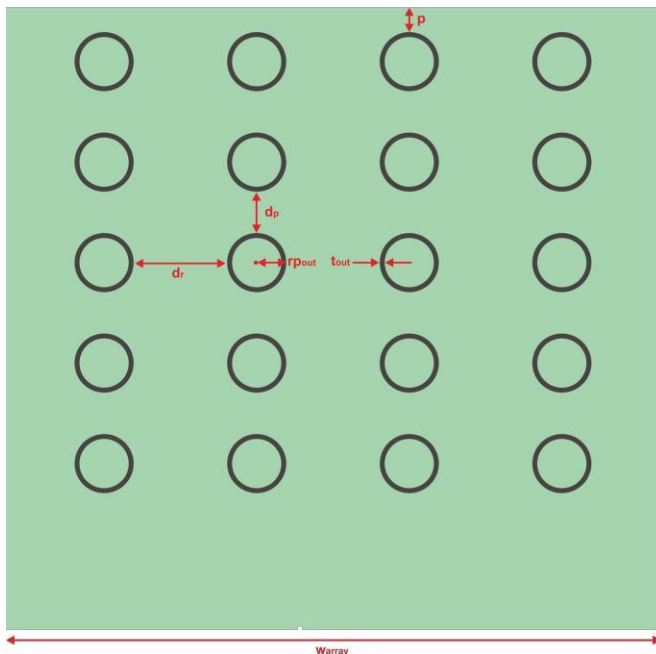
Kriteria perancangan antenna *ring* susun untuk aplikasi SAR ditunjukkan pada Tabel 1. Antena dirancang untuk bekerja pada pita frekuensi L karena memberikan sinyal balik yang tinggi terutama untuk objek yang lebih besar. Dalam hal ini pantulan radiasi cenderung lebih sedikit dibandingkan frekuensi yang lebih tinggi. Selain itu, pada pita frekuensi ini juga memungkinkan penetrasi yang lebih baik khususnya vegetasi kanopi, pasir dan tanah untuk kondisi tertentu [14].

Pada perancangan antenna *ring* susun, jarak antar elemen dipertahankan agar tidak berubah untuk menghindari pergeseran frekuensi resonansi. Hal ini disebabkan karena dengan mengubah jarak antar elemen antenna menyebabkan panjang saluran pencatu berubah. Sama halnya dengan elemen

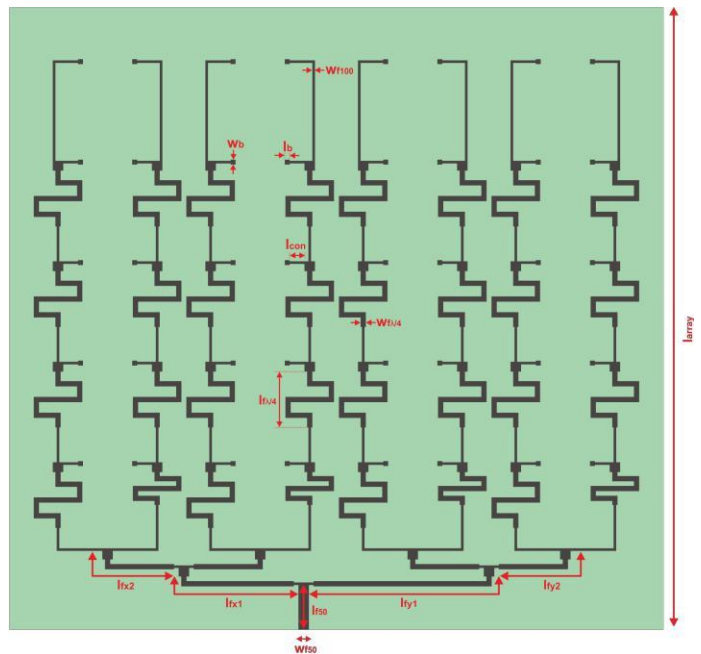
peradiasi antenna yaitu *patch* atau *ring* sirkular, semakin panjang saluran pencatu maka frekuensi antenna akan bergeser ke daerah frekuensi yang lebih kecil dan sebaliknya. Jarak antar elemen yang tegak lurus terhadap saluran pencatu (yaitu sebesar 46,5mm sedangkan jarak antar elemen yang sejajar terhadap saluran pencatu (yaitu 12,6mm.

TABEL 1. KRITERIA PERANCANGAN ANTENA RING SUSUN

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi tengah	1,275GHz
S_{11}	< 10dB
Bandwidth impedansi (f_{BW})	10 MHz (~1%)
Gain	>20dBi
Lebar berkas azimut	~8°
Dimensi antenna	<200mm 200mm



(a) bagian atas



(b) bagian bawah

Gambar 1. Rancangan antenna *ring* susun dengan pencatuan berbeda fasa

3. SIMULASI DAN STUDI PARAMETER ANTENA RING SUSUN

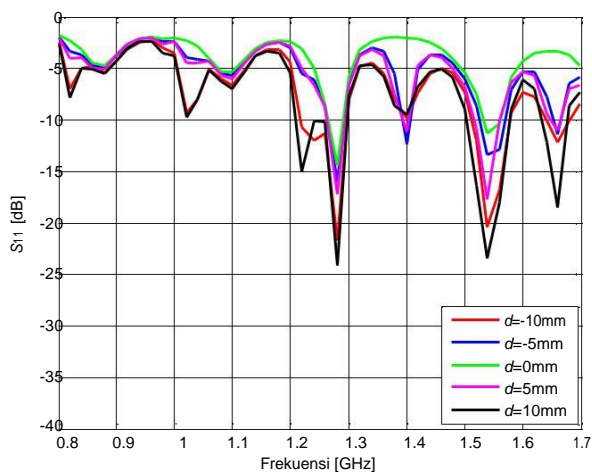
Simulasi antenna *ring* susun dengan pencatuan berbeda fasa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis 3D. Studi parameter juga dilakukan dengan mengoptimasi beberapa parameter fisik antenna untuk mengetahui perubahan parameter terhadap kinerja antenna secara keseluruhan. Studi parameter dilakukan dengan menggeser posisi pencatu ke sebelah kiri dan kanan sejauh d . Pada rentang nilai 10mm sampai +10mm. Nilai minus menyatakan bahwa posisi pencatu digeser ke sebelah kanan dan sebaliknya. Parameter yang diamati yaitu nilai koefisien refleksi (S_{11}) dan frekuensi resonansi antenna. Data hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan posisi pencatu mempengaruhi perubahan nilai S_{11} namun frekuensi resonansi tetap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan menggeser posisi pencatu sejauh d , medan

listrik yang terdistribusi pada bagian tepi atas dan bawah *ring* memiliki variasi fasa sehingga impedansi antara bagian tepi antenna terhadap impedansi masukan antenna menjadi lebih sesuai. Hal ini ditandai dengan nilai S_{11} dibawah 10 dB.

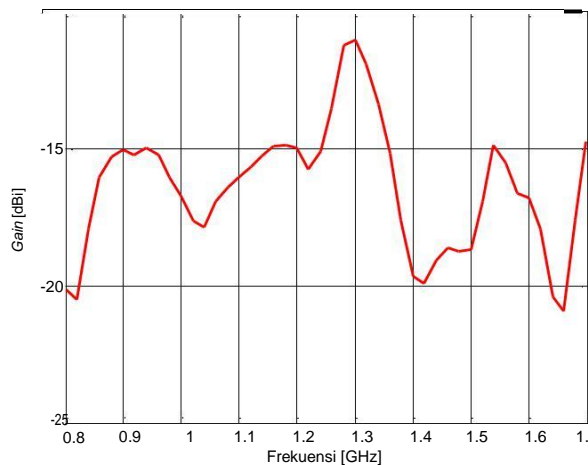
Untuk nilai d sebesar 10mm diperoleh nilai S_{11} sebesar 21,65dB dengan *bandwidth* impedansi (nilai S_{11} dibawah 10dB) yang paling lebar yaitu 80MHz dengan *fractional bandwidth* sebesar 6,27% pada rentang frekuensi 1,21 sampai 1,29GHz. Meskipun demikian, frekuensi harmonisa pada frekuensi tinggi semakin banyak muncul sebagai akibat dari jumlah elemen antenna yang semakin banyak dan perubahan panjang saluran pencatu. Beda fasa antar saluran pencatu pada bagian tepi atas dan bawah *ring* antenna yaitu sebesar 68,4° atau sama dengan 0,19 Nilai parameter antenna *ring* susun ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. PARAMETER SIMULASI ANTENA RING SUSUN

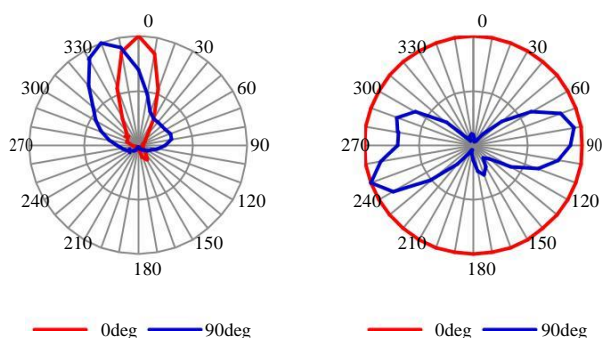
Parameter	w_{array}	l_{array}	d_p	d_r	rp_{out}	t_{out}	w_{f50}	l_{f50}	w_{f100}
Nilai (mm)	199,3	189,5	12,6	46,5	9	1,5	3,2	15	0,8
Parameter	l_{fx1}	l_{fx2}	l_{fy1}	l_{fy2}	$l_{fz/4}$	l_{con}	w_b	l_b	p
Nilai (mm)	41,7	28,7	61,7	28,7	43,4	4,5	1,5	1,5	7,5



Gambar 2. Pengaruh nilai S_{11} antenna ring susun dengan pencatuan berbeda fasa terhadap perubahan posisi pencatu (d)



Gambar 4. Gain antenna ring susun dengan pencatuan berbeda fasa



(a) bidang E

(b) bidang H

Gambar 3. Pola radiasi ternormalisasi antenna ring susun dengan pencatuan berbeda fasa

Pola radiasi ternormalisasi antenna ring susun pada bidang azimut (E) dan elevasi (H) ditunjukkan pada Gambar 3. Dari Gambar 3(a) terlihat bahwa pada arah sebesar 0° antenna memiliki bentuk yang simetris dengan lebar berkas yang sangat sempit dan intensitas radiasi maksimum berada pada arah *broadside*, sedangkan pada arah sebesar 90° intensitas radiasi maksimum bergeser sebesar 20° dari arah *broadside*. Lebar berkas 3 dB antenna pada arah sebesar 0° dan 90° masing-masing yaitu sebesar 43° dan 63° . Pada bidang H diperoleh pola radiasi dengan intensitas radiasi maksimum ke segala arah untuk sebesar 0° seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(b). Pada arah sebesar 90° , antenna ring susun 4 5 memiliki bentuk pola radiasi yang menyerupai antenna dipol $\lambda/2$ dan cenderung simetris terhadap arah *broadside*.

Gain antenna ring susun dengan pencatuan berbeda fasa ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan data hasil simulasi, pada frekuensi 1,275GHz diperoleh gain sebesar 11,24dBi pada arah dan masing-masing yaitu sebesar 270° dan 20° . Gain antenna dapat dibuat lebih maksimum dengan melakukan optimasi parameter lebih lanjut. Nilai gain yang diperoleh masih sangat rendah untuk antenna susun yang terdiri dari 20 elemen. Hal ini disebabkan karena antenna memiliki apertur yang sangat kecil, dimana luas apertur berbanding lurus dengan gain antenna sehingga untuk apertur ring yang sangat kecil diperoleh gain yang rendah. Selain itu, faktor dispansi atau $\tan \delta$ dari material yang digunakan sangat besar yaitu 0,02. Nilai $\tan \delta$ yang semakin besar menyebabkan daya yang diradiasikan semakin banyak diserap oleh material dielektrik sehingga daya yang diradiasikan berkurang dan intensitas radiasi menjadi tidak lagi maksimum. Pencatuan berbeda fasa menggunakan *proximity coupling* juga diduga menjadi salah satu penyebab mengecilnya efisiensi apertur antenna sehingga diperoleh gain rendah. Meskipun demikian beberapa parameter antenna lainnya seperti frekuensi tengah, koefisien refleksi (S_{11}), *bandwidth* impedansi, dan dimensi antenna telah memenuhi kriteria perancangan.

4.

KESIMPULAN

Antena ring susun cetak dengan pencatuan berbeda fasa telah dirancang dan disimulasikan. Pola radiasi yang simetris diperoleh dengan menerapkan pencatuan berbeda fasa menggunakan *proximity coupling*. Dengan mengatur beda fasa antara bagian tepi atas dan bawah ring dihasilkan nilai S_{11} dibawah 10dB pada frekuensi kerja yang diinginkan.

Dengan demikian, antena yang telah dirancang dapat diaplikasikan pada sistem SAR pita frekuensi L.

REFERENSI

- [1] Merrill I. Skolnik, *Radar Handbook*, 3rd ed., McGraw-Hill, 2008.
- [2] W. G. Carrara, R. S. Goodman, R. M. Majewski., *Spotlight Synthetic Aperture Radar: Signal Processing Algorithms*, Artech House Inc., 1995.
- [3] C. W. Sherwin, J. P. Ruina, and R. D. Rawcliffe, "Some early developments in synthetic aperture radar systems," *IRE Transactions on Military Electronics*, vol. MIL-6, no. 2, hal. 111-115, Apr. 1962.
- [4] M. Baharuddin, V. Wissan, J. T. S. Sumantyo, dan H. Kuze, "Equilateral triangular microstrip antenna for circularly-polarized synthetic aperture radar," *Progress in Electromagnetics Research (PIER) C*, vol. 8, hal. 107-120, 2009.
- [5] O. S. Ginting, Chairunnisa, dan A. Munir, "Side lobe level suppression for L-band array antenna using binomial power distribution," *3rd International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, Palembang, Indonesia, Jul. 2017, hal. 7-10.
- [6] C. E. Santosa, J. T. S. Sumantyo, A. S. Budiya, dan A. Munir, "Broadband X-band circularly polarized microstrip antenna with elliptical patch ring-slotted for airborne SAR system," *Progress in Electromagnetic Research Symposium (PIERS)*, St Petersburg-Burg, Rusia, Mei 2017, hal. 1168-1170.
- [7] L. S. Shafai, W. A. Chamma, M. Barakat, P. C. Strickland, dan G. Seguin, "Dual-band dual-polarized perforated microstrip antennas for SAR applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 48, no. 1, hal. 56-66, Jan. 2000.
- [8] Y. Chen dan R. D. Vaughan, "Dual-polarized L-band and single-polarized X-band shared-aperture SAR array," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 66, no. 7, hal. 3391-3400, Jul. 2018.
- [9] B. Pyne, dkk., "Slot-array antenna feeder network for spaceborne X-band synthetic aperture radar," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 33, no. 7, hal. 3463-3474, Jul. 2018.
- [10] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [11] S. Bahera dan K. J. Vinoy, "Microstrip square ring antenna for dual band operation," *Progress In Electromagnetics Research (PIER) 93*, hal. 41-56, 2009.
- [12] X. Hu, Y. Li, W. Chen, H. Tan, dan Y. Long, "Novel dual-frequency microstrip antenna with narrow half-ring and half-circular patch," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 12, hal. 3-6, Des. 2012.
- [13] D. J. Bisharat dan S. Liao, "High gain and low cost differentially fed circularly polarized planar aperture antenna for broadband millimeter-wave applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 64, no. 1, hal. 33-42, Jan. 2016.
- [14] R. Birk, W. Camus, E. Valenti, dan W. J. McCandless, "Synthetic aperture radar imaging systems," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 10, no. 11, hal. 15-23, Nov. 1995.