

Antena Ring Sirkular dengan Kemampuan Penekanan Higher Order Mode

Rheyuniarto Sahlendar Asthan¹, Achmad Munir²

Abstract—This paper presents the development of a circular ring-shaped antenna with ability to suppress higher order mode. An S-shaped is added into the ring in order to satisfy the goal of the antenna development. The upper and lower edges of the ring are excited differentially using two ports in order to have symmetrical radiation pattern. Each port is directly connected to a 50 Ω SMA connector using microstrip feeding line. The antenna is designed with an FR4 dielectric substrate with the dimension of 85.4 mm \times 85.4 mm and intended to work at the center frequency of 0.9 GHz. The proposed antenna is compared with the conventional circular ring-shaped antenna to observe the antenna performances in term of higher order mode suppression. In addition, optimization is carried out by varying physical antenna parameters. The measurement result shows that circular ring-shaped antenna with S-shaped element can suppress the higher order mode frequency of 19.55 dB and work properly at the desired frequency of 0.9 GHz. The measured impedance bandwidth for the reflection coefficient (S_{11}) below -10 dB is 251 MHz with fractional bandwidth (f_{BW}) of 27.89%. The symmetrical radiation pattern in E -plane with maximum power density at the boresight is obtained at the frequency of 0.9 GHz and 1.94 GHz. The measured 3 dB beamwidths of 0.9 GHz and 1.94 GHz in E -plane are 99.4° and 100.5°, respectively.

Intisari—Makalah ini menyampaikan pengembangan antena ring sirkular dengan kemampuan penekanan frekuensi pada mode yang lebih tinggi. Metode yang digunakan adalah dengan menambahkan elemen baru berupa patch berbentuk huruf S yang diletakkan pada bagian dalam ring. Bagian tepi atas dan bawah ring dicatu secara berbeda menggunakan dua port untuk menghasilkan pola radiasi yang simetris. Masing-masing port antena dihubungkan secara langsung menggunakan saluran mikrostrip ke konektor SMA 50 Ω . Antena dirancang menggunakan material dielektrik FR4 epoxy dengan dimensi 85,4 mm \times 85,4 mm untuk bekerja pada frekuensi resonansi sebesar 0,9 GHz. Antena ring sirkular tanpa dan dengan elemen S dibandingkan untuk mengetahui kinerja antena dalam hal penekanan frekuensi pada mode yang lebih tinggi. Pada proses simulasi, optimasi dilakukan dengan mengubah nilai parameter fisik antena. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa antena dengan elemen S dapat menekan frekuensi pada mode yang lebih tinggi sebesar 19,55 dB dan dapat bekerja pada frekuensi yang diinginkan, yaitu 0,9 GHz. Lebar pita impedans untuk koefisien refleksi (S_{11}) di bawah -10dB pada frekuensi resonansi adalah sebesar 251 MHz dengan lebar pita fraksional (f_{BW}) sebesar 27,89%. Pada frekuensi 0,9 GHz dan 1,94 GHz, pola radiasi antena pada bidang E memiliki bentuk yang simetris pada arah

boresight dengan lebar berkas 3 dB masing-masing sebesar 99,4° dan 100,5°.

Kata Kunci—Antena Ring Sirkular, Higher Order Mode, Pencatuan Berbeda, Pola Radiasi Simetris.

I. PENDAHULUAN

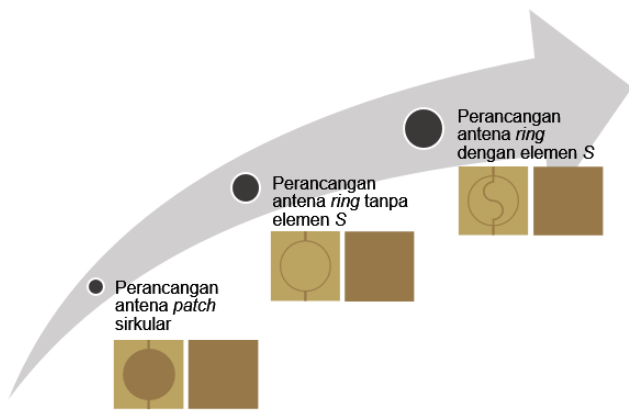
Antena ring secara geometri dan elektrik merupakan konfigurasi antara antena loop cetak dan patch. Antena ring memiliki bentuk yang beragam, yaitu sirkular, persegi, dan segitiga. Antena ini dikembangkan sebagai salah satu alternatif lain dari antena patch konvensional karena memiliki dimensi yang kecil [1]. Meskipun demikian, lebar pita fraksional (f_{BW}) pada mode terendah relatif sangat kecil, yaitu kurang dari 10% [2]-[4]. Perbedaan radius patch yang membentuk ring menyebabkan antena ini menghasilkan frekuensi harmonik. Frekuensi harmonik umumnya dimanfaatkan untuk sistem yang beroperasi pada frekuensi jamak. Namun, untuk sistem yang beroperasi pada frekuensi tunggal, interferens elektromagnetik yang disebabkan oleh frekuensi harmonik dapat menyebabkan kinerja sistem menurun [5]. Penekanan frekuensi harmonik dapat memperkecil lebar pita frekuensi antena, sehingga komunikasi yang tidak diinginkan dapat dihindari.

Beberapa metode telah diterapkan untuk menekan frekuensi harmonik, salah satunya adalah dengan menerapkan Defected Ground Structure (DGS). Penerapan DGS pada saluran pencatu mampu menekan frekuensi harmonik hingga 15 dB [6]. Frekuensi harmonik pada antena ring-slot menggunakan DGS berbentuk huruf U terbalik dapat ditekan hingga 10 dB, tetapi memiliki bentuk pola radiasi yang tidak simetris [7]. Pemotongan serta penambahan celah peripheral pada antena patch sirkular juga telah dilakukan dan mampu menekan frekuensi harmonik hingga 8,3 dB dengan f_{BW} sebesar 5,6% [8]. Selain itu, penekanan frekuensi harmonik juga telah dilakukan dengan menggunakan slot [9]-[10]. Pada [9], penekanan frekuensi harmonik yaitu sebesar 10 dB hingga 20 dB dengan lebar berkas sebesar 84,7°. Penyesuaian ukuran slot terhadap frekuensi harmonik yang ingin ditekan dilakukan pada [10], tetapi besarnya penekanan pada frekuensi yang lebih tinggi di atas frekuensi resonansi memiliki nilai yang tidak signifikan.

Makalah ini memaparkan perancangan, simulasi, dan realisasi antena ring berbentuk sirkular dengan menambahkan elemen patch berbentuk huruf S pada bagian dalam ring untuk menekan frekuensi harmonik pada mode yang lebih tinggi. Bagian tepi atas dan bawah ring dicatu secara berbeda menggunakan dua port masukan menggunakan saluran mikrostrip untuk menghasilkan bentuk pola radiasi yang simetris dan lebar pita yang lebar. Pencatuan berbeda sebelumnya telah diterapkan pada [11]-[13], tetapi dalam

¹ Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan 35365 INDONESIA (telp: 0721-8030188; e-mail: rheyuniarto.asthan@el.itera.ac.id)

² Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganessa 10, Bandung 40132 INDONESIA (telp: 022-2502260; e-mail: munir@ieee.org)



Gbr. 1 Tahapan perancangan antenna.

TABEL I
KRITERIA PERANCANGAN ANTENA RING

Parameter	Nilai
Frekuensi resonansi	0,9 GHz
Koefisien refleksi	<-10 dB
Lebar pita fraksional	>10 %
Gain	>5 dBi
Pola radiasi	Direksional

implementasinya dibutuhkan komponen tambahan berupa pengarah gelombang dan *backplate* yang dihubungkan ke saluran pencatu [11]. Antena yang dirancang terdiri atas elemen *ring* tunggal berbentuk sirkular dengan frekuensi resonansi sebesar 0,9 GHz.

II. PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA

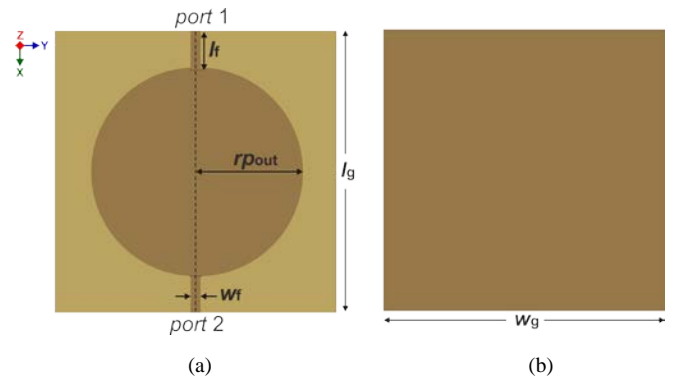
Pada makalah ini, perancangan antenna terdiri atas tiga tahapan, yaitu perancangan antenna *patch* konvensional berbentuk sirkular; perancangan antenna *ring* tanpa elemen *S*; dan perancangan antenna *ring* dengan elemen *S* seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 1. Material yang digunakan adalah konduktor berupa tembaga pada bagian elemen peradiasi atau *patch*, saluran pencatu, dan *ground plane* dengan ketebalan (*t*) sebesar 0,035 mm. Sedangkan pada bagian substrat digunakan material dielektrik *FR4 epoxy* dengan permitivitas relatif (ϵ_r) sebesar 4,4, $\tan-\delta$ sebesar 0,02, dan ketebalan substrat (*h*) sebesar 1,6 mm. Kriteria perancangan antenna *ring* ditunjukkan pada Tabel I.

A. Antena Patch Sirkular

Pada tahapan awal, antenna *ring* dirancang dengan menggunakan pendekatan antenna *patch* berbentuk sirkular. Dalam perancangannya, antenna dirancang untuk beroperasi pada mode dominan, yaitu *transverse mode* untuk orde ke-*m* dan *n* masing-masing adalah 1 (TM_{11}) dengan frekuensi resonansi sebesar 0,9 GHz. Radius antenna (rp_{out}) diperoleh menggunakan (1) [14].

$$f_{11} = \frac{\chi_{11}c}{2\pi rp_{out}\sqrt{\epsilon_r}} \tag{1}$$

dengan χ_{11} adalah akar-akar Bessel dari persamaan karakteristik untuk orde ke-*m* = 1 dan *n* = 1 (tanpa satuan) dengan nilai sebesar 1,842, *c* adalah kecepatan cahaya di



Gbr. 2 Rancangan antenna patch sirkular, (a) tampak depan, (b) tampak belakang.

udara (3×10^8 m/s), rp_{out} adalah radius *ring* bagian terluar (m), dan ϵ_r adalah permitivitas relatif material (tanpa satuan). Perhitungan nilai rp_{out} menggunakan (1) tidak memperhitungkan efek *fringing* sebagai akibat dari radius elemen yang terbatas, sehingga nilai rp_{out} harus disesuaikan dengan frekuensi resonansi antenna. Dengan menggunakan (1), nilai rp_{out} yang digunakan adalah 47 mm.

Ketidaksesuaian antara impedans masukan dan impedans pada bagian tepi *patch* antenna menghasilkan rugi-rugi yang menyebabkan proses transmisi daya ke elemen peradiasi menjadi tidak maksimum. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan penyesuaian impedans dengan mengatur lebar saluran pencatu antenna (w_f) yang diperoleh menggunakan (2) [15]. Untuk impedans karakteristik (Z_0) sebesar 50 Ω , ketebalan substrat (*h*) sebesar 1,6 mm, dan ϵ_r sebesar 4,4, digunakan nilai w_f sebesar 3 mm. Bagian tepi *patch* antenna dihubungkan secara langsung dengan konektor SMA 50 Ω menggunakan saluran mikrostrip seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 2.

$$\frac{w_f}{h} = \frac{2}{\pi} \left[A - 1 - \ln(2A - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left(\ln(A - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \tag{2}$$

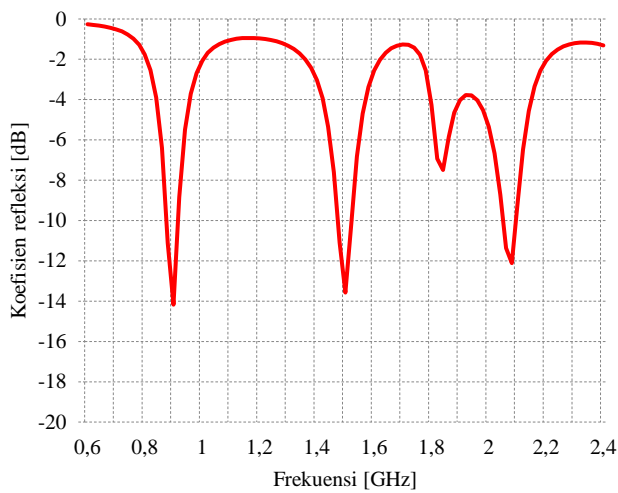
dengan

$$A = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

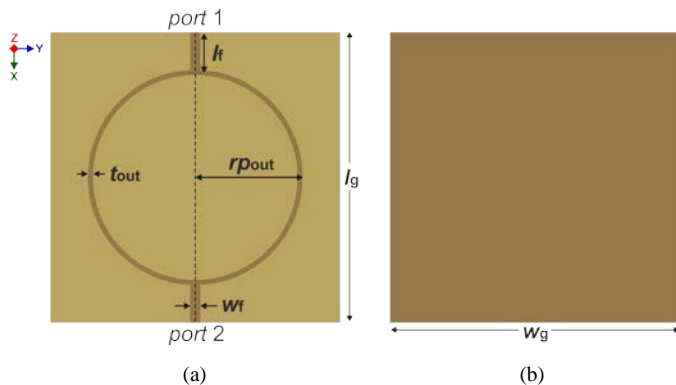
Antena *patch* sirkular yang telah dirancang dan disimulasikan menghasilkan nilai koefisien refleksi sebesar -14,17 dB pada frekuensi resonansi sebesar 0,9 GHz, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 3. Karena nilai parameter hasil simulasi terkait frekuensi resonansi dan koefisien refleksi telah memenuhi kriteria perancangan pada Tabel I, maka selanjutnya dilakukan perancangan antenna *ring* dengan menggunakan parameter fisik antenna *patch* sirkular.

B. Antena Ring tanpa Elemen S

Antena *ring* yang dioperasikan pada mode TM_{11} memiliki impedans masukan yang lebih besar dibandingkan mode lainnya dan memiliki lebar pita yang sempit [1]. Berbeda halnya pada saat dioperasikan pada mode yang lebih tinggi, yaitu TM_{12} , dengan lebar pita yang dihasilkan lebih lebar, tetapi dimensi antenna menjadi lebih besar.



Gbr. 3 Hasil simulasi koefisien refleksi antenna *patch* sirkular.

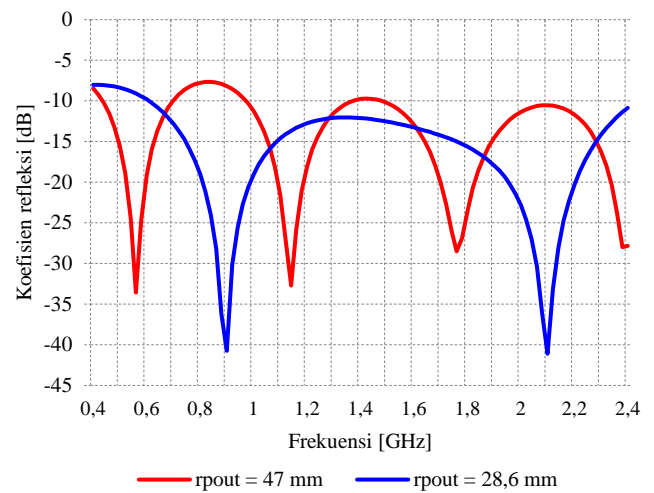


Gbr. 4 Rancangan antenna *ring* sirkular tanpa elemen *S*, (a) tampak depan, (b) tampak belakang.

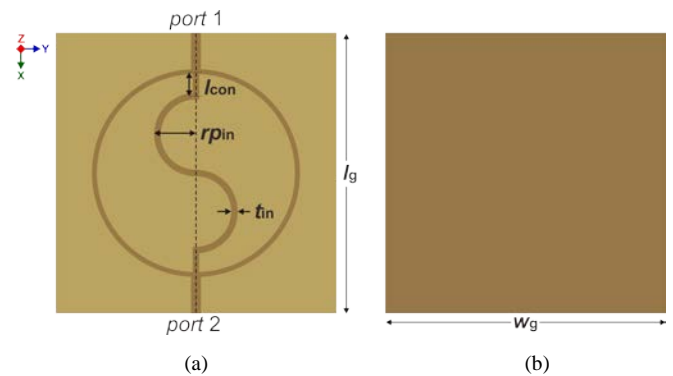
Sama halnya dengan rancangan antenna *patch* sirkular, bagian tepi atas dan bawah *ring* dicatu secara berbeda menggunakan dua *port* masukan, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 4. Pencatuan berbeda fase diterapkan untuk menghasilkan bentuk pola radiasi yang simetris. Pencatuan berbeda fase pada bagian tepi atas dan bawah *ring* antenna menghasilkan polaritas yang sama pada elemen peradiasi, sehingga radiasi yang dihasilkan lebih banyak dan lebar pita impedans meningkat.

Secara geometris, antenna *ring* terdiri atas *ring* bagian terdalam (*inner ring*) dan *ring* bagian terluar (*outer ring*). Perbedaan nilai radius *ring* bagian terdalam dan terluar menyebabkan antenna menghasilkan frekuensi lain di luar frekuensi resonansi, yaitu frekuensi harmonik. Frekuensi harmonik umumnya muncul pada mode yang lebih tinggi dan merupakan kelipatan dari frekuensi resonansi. Rasio antara radius *ring* bagian terdalam dan terluar hanya dapat mengontrol pemisahan mode resonansi, tetapi tidak dapat menekan atau menghilangkan frekuensi harmonik.

Dalam perancangannya, antenna *ring* dirancang menggunakan parameter fisik yang sama dengan antenna *patch* sirkular yang memiliki nilai r_{pout} sebesar 47 mm dan w_f sebesar 3 mm. Perbedaan nilai radius *ring* bagian terdalam dan terluar diatur dengan ketebalan (t_{out}) sebesar 1,5 mm.



Gbr. 5 Perbandingan hasil simulasi nilai koefisien refleksi antenna *ring* sirkular.



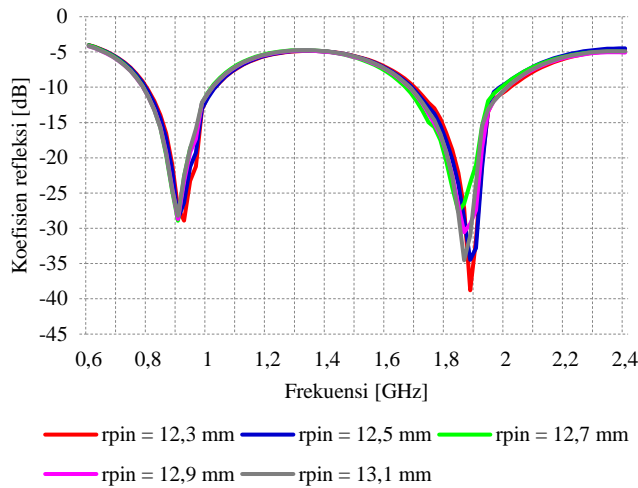
Gbr. 6 Rancangan antenna *ring* sirkular dengan elemen *S*, (a) tampak depan, (b) tampak belakang.

Penambahan elemen *patch* baru yang membentuk *ring* menyebabkan panjang gelombang antenna menjadi lebih besar. Hal ini ditandai dengan pergeseran frekuensi resonansi ke daerah yang lebih kecil, yaitu 0,58 GHz, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 5. Untuk menghasilkan frekuensi resonansi yang diinginkan, kemudian dilakukan optimasi parameter dengan mengubah nilai r_{pout} . Berdasarkan (1), frekuensi resonansi berbanding terbalik dengan r_{pout} . Dengan demikian, frekuensi resonansi 0,9 GHz dapat dicapai dengan memperkecil nilai r_{pout} menjadi 28,6 mm.

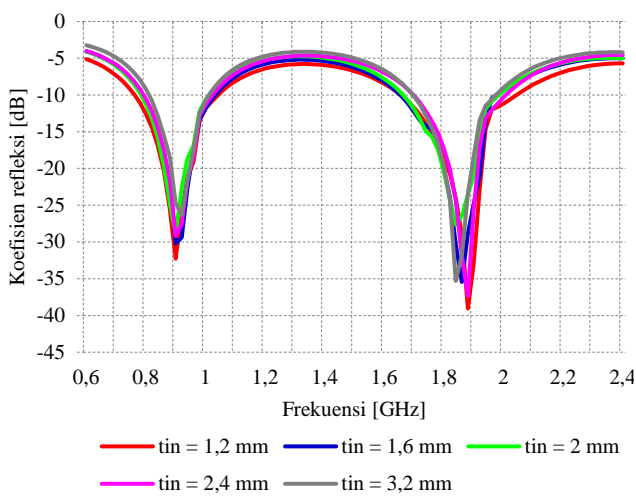
C. Antena Ring dengan Elemen *S*

Pada makalah ini, metode yang diterapkan untuk menekan frekuensi harmonik adalah dengan menambahkan elemen peradiasi lain berupa *patch* yang diletakkan pada bagian dalam *ring*. Elemen peradiasi tersebut dirancang untuk beroperasi pada frekuensi yang sama dengan frekuensi harmonik sehingga medan listrik pada frekuensi tersebut akan saling menghilangkan dan frekuensi harmonik pada frekuensi yang lebih tinggi dapat ditekan.

Dalam realisasinya, dua buah *patch* berbentuk setengah lingkaran diletakkan pada bagian dalam *ring*. Kedua *patch* tersebut dihubungkan satu sama lain dan disusun sebidang (*planar*) membentuk huruf *S* seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 6. Penambahan elemen *S* menyebabkan frekuensi



Gbr. 7 Pengaruh perubahan nilai radius elemen S terhadap nilai koefisien refleksi antenna $ring$ sirkular.



Gbr. 8 Pengaruh perubahan nilai ketebalan elemen S terhadap nilai koefisien refleksi antenna $ring$ sirkular.

resonansi antenna bergeser ke daerah yang lebih tinggi, sehingga penyesuaian frekuensi dilakukan dengan memperbesar nilai rp_{out} yang semula sebesar 28,6 mm menjadi 31,6 mm. Untuk menghasilkan antenna dengan kinerja yang optimal dalam hal penekanan frekuensi harmonik, dilakukan optimasi parameter dengan mengubah parameter fisik antenna, yaitu radius dan ketebalan elemen S . Optimasi parameter dilakukan dengan mengubah salah satu parameter saja secara bertahap, sedangkan nilai parameter fisik lainnya tidak berubah.

1) *Pengaruh Perubahan Radius Ring Elemen S* : Optimasi parameter pada radius elemen S (rp_{in}) dilakukan dengan mengubah nilai rp_{in} pada rentang nilai 12,3 mm hingga 13,1 mm dengan interval sebesar 0,2 mm. Hasil simulasi, yang diperlihatkan pada Gbr. 7, menunjukkan bahwa frekuensi pada mode yang lebih tinggi dapat ditekan lebih baik menggunakan nilai rp_{in} sebesar 12,7 mm dengan nilai koefisien refleksi sebesar $-26,48$ dB pada frekuensi 1,84 GHz, sedangkan pada frekuensi resonansi tidak terlihat adanya perubahan signifikan terhadap nilai koefisien refleksi.

TABEL II
PARAMETER FISIK RANCANGAN ANTENA $RING$ SIRKULAR DENGAN ELEMEN S

Parameter	Nilai (mm)	Parameter	Nilai (mm)
w_g	85,4	t_{in}	2
l_g	85,4	w_f	3
rp_{out}	31,6	l_f	11,85
rp_{in}	12,7	l_{con}	7,45
t_{out}	1,5	h	1,6

2) *Pengaruh Perubahan Ketebalan Ring Elemen S* : Optimasi parameter selanjutnya dilakukan dengan mengubah nilai ketebalan elemen S (t_{in}) pada rentang 1,2 mm hingga 3,2 mm. Seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 8, perubahan nilai t_{in} memengaruhi lebar pita impedans. Semakin kecil nilai t_{in} , rasio antara ketebalan elemen S semakin mengecil, sehingga energi yang disimpan semakin berkurang dan menyebabkan faktor kualitas (Q) menurun. Sesuai dengan (3), lebar pita antenna berbanding terbalik dengan Q [14]. Oleh karena itu, untuk nilai Q yang kecil, diperoleh lebar pita yang lebar. Perubahan nilai t_{in} juga menyebabkan frekuensi pada mode yang lebih tinggi mengalami pergeseran. Apabila ditinjau dari nilai koefisien refleksi, nilai t_{in} sebesar 2 mm dapat menekan frekuensi harmonik dengan lebih baik dibandingkan nilai lainnya. Parameter fisik antenna $ring$ sirkular dengan elemen S setelah optimasi parameter ditunjukkan pada Tabel II.

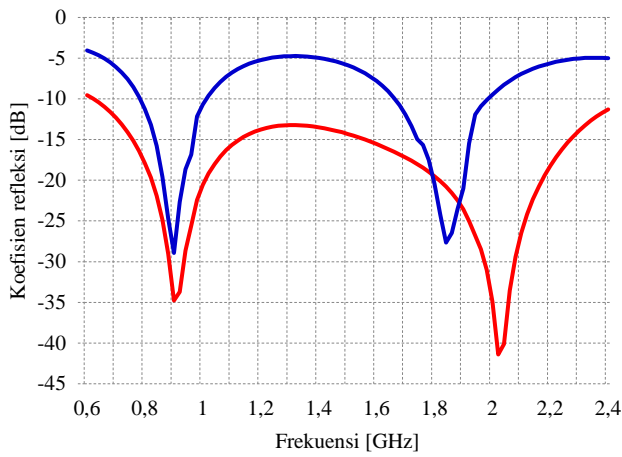
$$\text{Lebar pita } (BW) \approx \frac{1}{Q} \quad (3)$$

D. Perbandingan Antena Ring tanpa dan dengan Elemen S

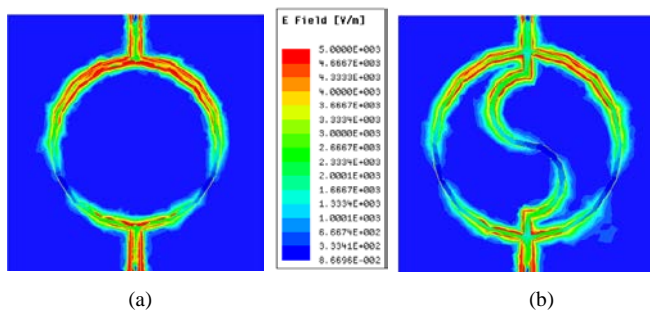
Untuk mengetahui kinerja antenna dalam hal penekanan frekuensi harmonik pada mode yang lebih tinggi, parameter antenna $ring$ tanpa elemen S dibandingkan dengan elemen S yang ditinjau dari nilai parameter antenna, di antaranya koefisien refleksi, lebar pita impedans, distribusi medan listrik, pola radiasi, dan $gain$ antenna.

1) *Koefisien Refleksi*: Perbandingan nilai koefisien refleksi antenna $ring$ tanpa dan dengan elemen S diperlihatkan pada Gbr. 9. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan elemen S pada bagian dalam $ring$ dapat menekan frekuensi pada mode yang lebih tinggi sebesar 13,75 dB, yaitu dari $-41,4$ dB menjadi $-27,65$ dB. Nilai koefisien refleksi antenna $ring$ tanpa dan dengan elemen S pada frekuensi 0,9 GHz masing-masing adalah sebesar $-34,76$ dB dan $-28,93$ dB. Kedua antenna tersebut memiliki impedans $matching$ yang baik karena memiliki nilai koefisien refleksi di bawah -10 dB atau VSWR lebih kecil dari 2. Pada frekuensi 0,9 GHz, antenna $ring$ dengan elemen S menghasilkan lebar pita impedans dengan nilai koefisien refleksi di bawah -10 dB, yaitu sebesar 230 MHz (0,78 GHz hingga 1,01 GHz) dan f_{BW} sebesar 25,56%, sedangkan antenna $ring$ tanpa elemen S menghasilkan lebar pita impedans yang jauh lebih besar. Penekanan frekuensi harmonik pada antenna $ring$ dengan elemen S menyebabkan nilai koefisien refleksi di bawah -10 dB menjadi lebih besar, sehingga lebar pita impedans menjadi lebih sempit.

2) *Distribusi Medan Listrik*: Ditinjau dari distribusi medan listrik pada bagian permukaan antenna, intensitas radiasi pada



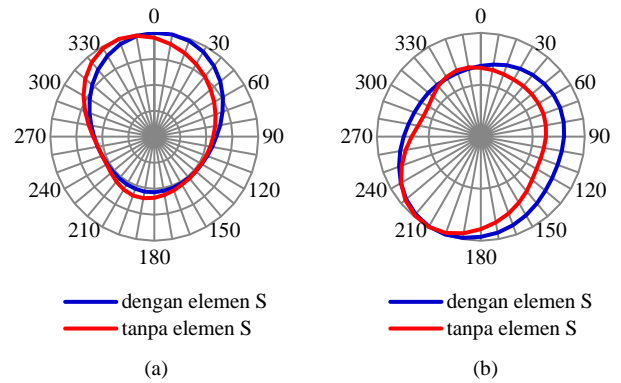
Gbr. 9 Perbandingan hasil simulasi nilai koefisien refleksi antenna ring sirkular tanpa dan dengan elemen S.



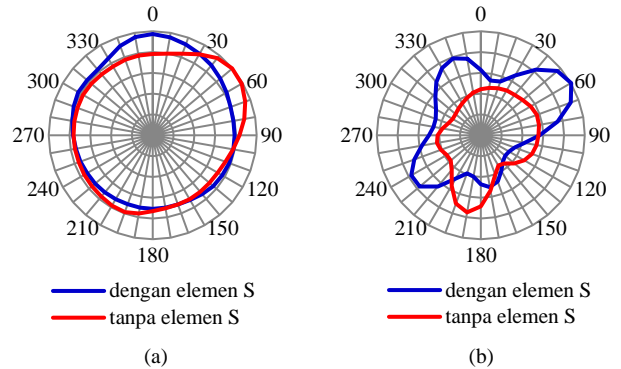
Gbr. 10 Hasil simulasi distribusi medan listrik antenna ring sirkular, (a) tanpa elemen S, (b) dengan elemen S.

bagian elemen ring mengalami penurunan sebagai akibat dari penambahan elemen S, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 10. Penambahan elemen S pada bagian dalam ring dapat menyebabkan pergeseran frekuensi seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 9. Distribusi medan listrik terbesar berada pada bagian tepi ring dan saluran pencatu, yang ditandai dengan warna merah. Selain itu, distribusi medan listrik yang tidak uniform di sepanjang elemen ring menunjukkan adanya perbedaan fase antara bagian tepi ring, begitu pula pada bagian elemen S. Perbedaan fase tersebut memengaruhi bentuk pola radiasi pada bidang E dan H.

3) Pola Radiasi: Pada frekuensi 0,9 GHz, pola radiasi bidang E antenna ring sirkular dengan elemen S memiliki bentuk yang simetris dengan intensitas radiasi maksimum pada arah boresight seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 11(a). Pola radiasi bidang H juga memiliki bentuk yang simetris, tetapi intensitas radiasi maksimum berada pada arah φ sebesar 200° , seperti pada Gbr. 11(b). Berdasarkan Gbr. 12, penambahan elemen S menyebabkan pola radiasi antenna pada frekuensi 1,94 GHz memiliki bentuk yang berbeda dengan lebar berkas yang lebih besar dibandingkan antenna ring tanpa elemen S. Perbandingan lebar berkas antenna ring sirkular dengan dan tanpa elemen S pada bidang E dan H ditunjukkan pada Tabel III. Lebar berkas dihitung pada saat daya antenna turun setengah dari daya maksimum (3 dB).



Gbr. 11 Hasil simulasi pola radiasi antenna ring sirkular pada frekuensi 0,9 GHz, (a) bidang E, (b) bidang H.



Gbr. 12 Hasil simulasi pola radiasi antenna ring sirkular pada frekuensi 1,94 GHz, (a) bidang E, (b) bidang H.

TABEL III
LEBAR BERKAS ANTENA RING SIRKULAR TANPA DAN DENGAN ELEMEN S

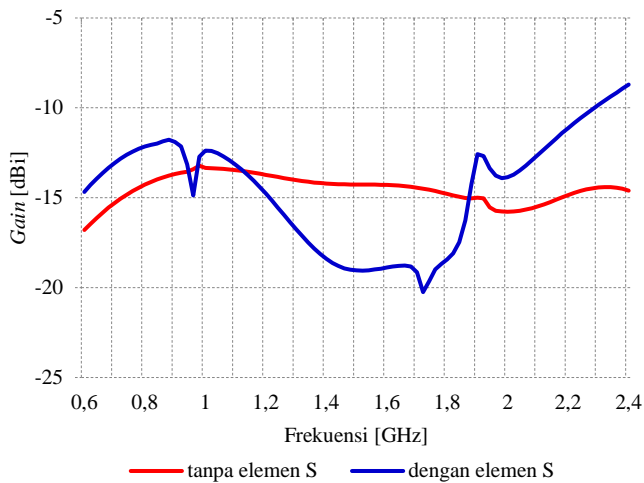
Bidang	Tanpa Elemen S	Dengan Elemen S
E ($f = 0,9$ GHz)	$111,1^\circ$	$115,9^\circ$
H ($f = 0,9$ GHz)	$103,5^\circ$	240°
E ($f = 1,94$ GHz)	$64,4^\circ$	$88,9^\circ$
H ($f = 1,94$ GHz)	$42,9^\circ$	$55,5^\circ$

4) Gain: Perbandingan gain hasil simulasi antenna ring sirkular ditunjukkan pada Gbr. 13. Pada frekuensi 0,9 GHz, gain yang terukur adalah $-13,7$ dBi untuk antenna ring tanpa elemen S dan $-11,9$ dBi untuk antenna ring dengan elemen S.

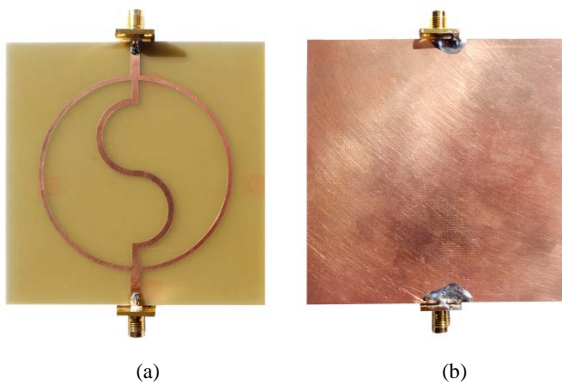
Selisih gain dari kedua antenna tersebut yaitu sebesar 1,8 dB. Gain yang kecil disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya aperture efektif antenna yang relatif sangat kecil dan nilai $\tan-\delta$ dari material yang digunakan cukup besar. Hubungan antara gain dan aperture efektif antenna ditunjukkan pada (4) [16],

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_e \tag{4}$$

dengan G adalah gain (tanpa satuan), A_e adalah aperture efektif antenna (m^2), dan λ adalah panjang gelombang (m). Berdasarkan (4), A_e berbanding lurus dengan G. Oleh karena itu, antenna dengan aperture yang relatif kecil menghasilkan gain yang kecil. Sedangkan nilai $\tan-\delta$ yang semakin besar menyebabkan daya yang diradiasikan semakin banyak diserap



Gbr. 13 Hasil simulasi gain antenna ring sirkular.



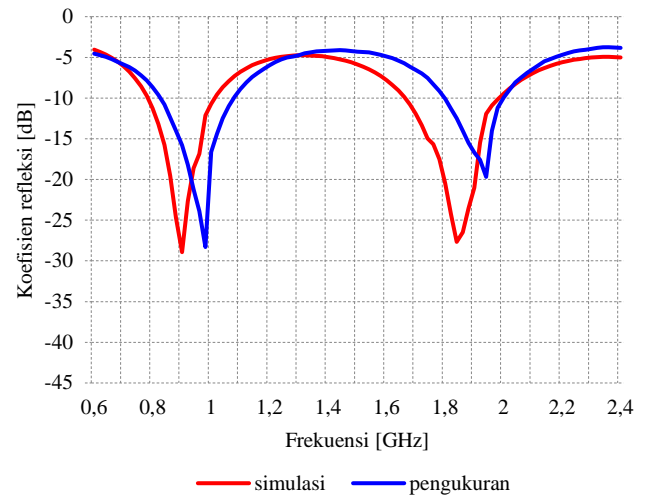
Gbr. 14 Hasil fabrikasi antenna ring sirkular, (a) tampak depan, (b) tampak belakang.

oleh material dielektrik, sehingga daya yang diradiasikan berkurang dan intensitas radiasi menjadi tidak lagi maksimum.

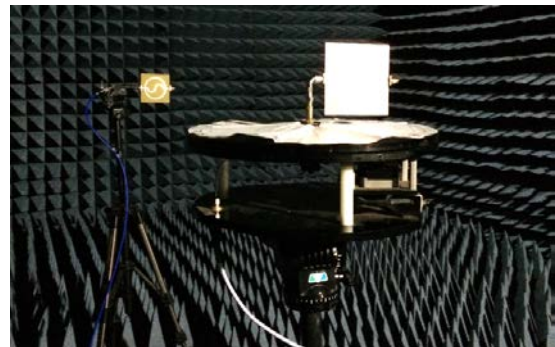
III. REALISASI DAN PENGUKURAN ANTENA

Realisasi antenna meliputi proses fabrikasi dan penyolderan. Antena yang difabrikasi adalah antenna ring sirkular dengan elemen S dengan kinerja yang paling optimal. Hasil fabrikasi antenna ditunjukkan pada Gbr. 14. Saluran pencatu pada bagian atas dan bawah antenna dihubungkan dengan konektor SMA 50 Ω melalui proses penyolderan. Material yang digunakan pada proses fabrikasi adalah FR4 epoxy dengan ketebalan substrat sebesar 1,6 mm. Lapisan bagian depan terdiri atas elemen ring dan elemen S , sedangkan lapisan bagian belakang terdiri atas ground plane. Dimensi akhir antenna ring sirkular dengan elemen S adalah 85,4 mm \times 85,4 mm.

Untuk mengetahui kesesuaian antara antenna hasil rancangan dengan realisasi, dilakukan pengukuran nilai parameter antenna yang meliputi koefisien refleksi, pola radiasi, dan gain antenna. Pengukuran nilai koefisien refleksi dilakukan menggunakan Vector Network Analyzer (VNA), sedangkan pengukuran pola radiasi dan gain antenna dilakukan menggunakan signal generator, spectrum analyzer, dan dua buah antenna ring sirkular dengan elemen S hasil fabrikasi yang dianggap memiliki karakteristik sama.



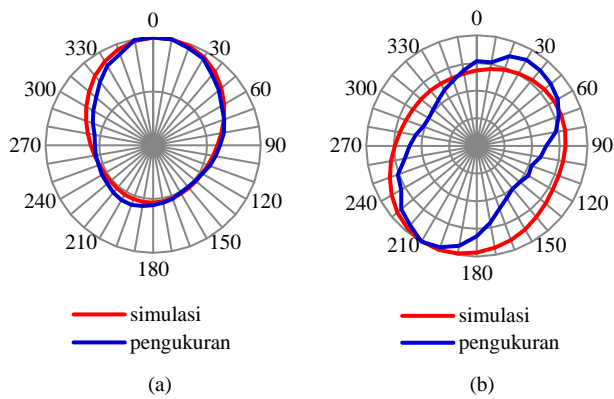
Gbr. 15 Hasil pengukuran nilai koefisien refleksi antenna ring sirkular.



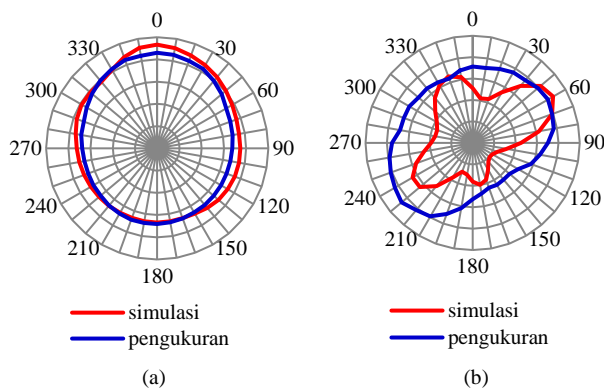
Gbr. 16 Skema pengukuran pola radiasi dan gain antenna ring sirkular.

Hasil pengukuran nilai koefisien refleksi antenna ring sirkular dengan elemen S pada Gbr. 15 menunjukkan adanya pergeseran frekuensi ke daerah yang lebih tinggi. Pergeseran frekuensi tersebut diduga disebabkan oleh permitivitas relatif dari material yang digunakan pada saat proses fabrikasi lebih kecil dibandingkan simulasi. Apabila ditinjau dari (1), frekuensi resonansi antenna berbanding terbalik dengan permitivitas relatif material. Untuk nilai permitivitas yang relatif kecil, frekuensi akan bergeser ke daerah frekuensi yang lebih tinggi. Lebar pita fraksional yang terukur yaitu sebesar 27,89% pada rentang frekuensi 0,825 GHz hingga 1,076 GHz. Berdasarkan karakteristik tersebut, antenna ring sirkular dengan elemen S dapat bekerja dengan baik pada frekuensi 0,9 GHz. Penekanan frekuensi harmonik hasil pengukuran menunjukkan kinerja yang lebih baik sebesar 5,8 dB dibandingkan hasil simulasi.

Skema pengukuran pola radiasi dan gain antenna ditunjukkan pada Gbr. 16. Jarak minimum antar antenna diatur berdasarkan jarak medan jauh menggunakan persamaan transmisi Friis. Jarak antar antenna pada saat pengukuran adalah 1 m. Pola radiasi antenna hasil pengukuran pada bidang E dan H ditunjukkan pada Gbr. 17 dan Gbr. 18. Pengukuran pola radiasi dilakukan pada frekuensi 0,9 GHz dan 1,94 GHz. Bentuk pola radiasi bidang E dan H hasil pengukuran dan simulasi memiliki bentuk yang cenderung sama. Namun, bentuk pola radiasi bidang H pada arah θ tertentu



Gbr. 17 Hasil pengukuran pola radiasi antenna *ring* sirkular pada frekuensi 0,9 GHz, (a) bidang *E*, (b) bidang *H*.



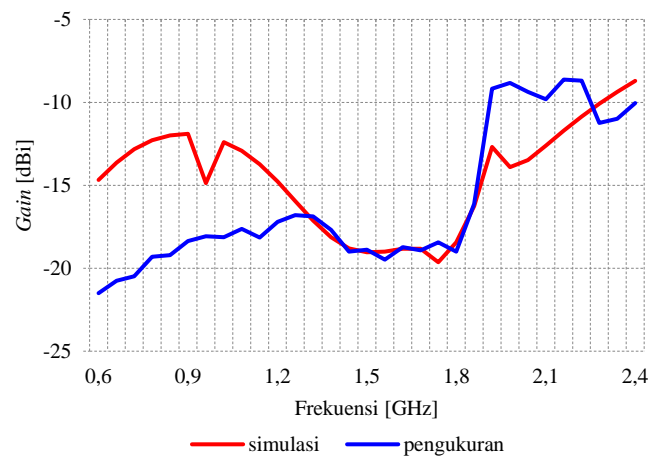
Gbr. 18 Hasil pengukuran pola radiasi antenna *ring* sirkular pada frekuensi 1,94 GHz, (a) bidang *E*, (b) bidang *H*.

menunjukkan hasil yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 17(b) dan Gbr. 18(b). Perbedaan tersebut diduga disebabkan adanya pantulan dan serapan (*absorption*) oleh material disekitar antenna, dalam hal ini penyangga antenna, sehingga pada saat antenna diputar pada sudut θ tertentu, daya yang diterima menjadi lebih kecil. Selain itu, daya terima yang ditampilkan pada *spectrum analyzer* tidak stabil atau berubah-ubah. Lebar berkas 3 dB bidang *E* yang terukur pada frekuensi 0,9 GHz dan 1,94 GHz masing-masing adalah sebesar 99,4° dan 100,5°, sedangkan bidang *H* pada frekuensi 0,9 GHz dan 1,94 GHz masing-masing adalah sebesar 76° dan 290,8°.

Gain antenna pada Gbr. 19 menunjukkan adanya perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran, khususnya pada rentang frekuensi tertentu, yaitu 0,6 GHz hingga 1,2 GHz dan 1,92 GHz hingga 2,4 GHz. Perbedaan tersebut diduga karena ketidaksimetrisan posisi elemen *S* pada antenna penerima terhadap antenna pemancar, yang membuat seolah-olah skema pengukuran dan simulasi menjadi berbeda, sehingga pada frekuensi tertentu antenna menghasilkan *gain* yang berbeda. Meskipun demikian, *gain* antenna pada frekuensi 1,2 GHz hingga 1,92 GHz menunjukkan kesesuaian antara hasil pengukuran dan simulasi.

IV. KESIMPULAN

Pada makalah ini telah dipaparkan perancangan, simulasi, dan realisasi antenna *ring* berbentuk sirkular dengan



Gbr. 19 Hasil pengukuran *gain* antenna *ring* sirkular.

penambahan elemen *S*. Hasil simulasi dan pengukuran menunjukkan bahwa penambahan elemen *S* pada bagian dalam *ring* dapat menekan frekuensi pada mode yang lebih tinggi dan dapat bekerja pada frekuensi 0,9 GHz. Nilai koefisien refleksi yang dihasilkan berada di bawah -10 dB dengan lebar pita impedans yang lebar. Antenna *ring* sirkular dengan metode pencatutan menggunakan *port* yang berbeda menghasilkan bentuk pola radiasi yang simetris.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Zenal Aripin atas bantuannya selama proses pengukuran antenna di Laboratorium Telekomunikasi dan Gelombang Mikro, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.

REFERENSI

- [1] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, dan A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, London: UK, Artech House, Inc., 2015.
- [2] S. Behera dan K.J. Vinoy, "Microstrip Square Ring Antenna for Dual Band Operation," *Progress In Electromagnetics Research (PIER)*, Vol. 93, hal. 41-56, 2009.
- [3] 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 Wirel. Propag. Lett.*, Vol. 12, hal. 3-6, Des. 2012.
- [4] J.Y. Sze, C.I.G. Hsu, dan S.C. Hsu, "Design of a Compact Dual-band Annular-ring Slot Antenna," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, Vol. 6, hal. 423-426, Sept. 2007.
- [5] N.A. Nguyen, R. Ahmad, Y.T. Im, Y.S. Shin, dan S.O. Park, "A T-shaped Wide-slot Harmonic Suppression Antenna," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, Vol. 6, hal. 647-650, Sept. 2007.
- [6] S. Biswas, D. Guha, dan C. Kumar, "Control of Higher Harmonics and Their Radiations in Microstrip Antennas Using Compact Defected Ground Structure," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 61, No. 6, hal. 3349-3353, Jun. 2013.
- [7] C.Y.D. Sim, M.H. Chang, dan B.Y. Chen, "Microstrip-fed Ring Slot Antenna Design with Wideband Harmonic Suppression," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 62, No. 9, hal. 4828-4832, Sept. 2014.
- [8] F.J. Huang, T.C. Yo, C.M. Lee, dan C.H. Luo, "Design of Circular Polarization Antenna with Harmonic Suppression for Rectenna Application," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 11, hal. 592-595, Mei 2012.
- [9] Y. Xu, S. Gong, dan T. Hong, "Circularly Polarized Slot Microstrip Antenna for Harmonic Suppression," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, Vol. 12, hal. 472-475, Apr. 2013.

- [10] Y.W. Liu, Y.J. Lu, dan P. Hsu, "Harmonic Suppressed Slot Loop Antenna Fed by Coplanar Waveguide," *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, Vol. 13, hal. 1292-1295, Jul. 2014.
- [11] S. Liao, K.M. Shum, dan Q. Xue "Differentially Fed Planar Aperture Antenna with High Gain and Wide Bandwidth for Millimeter-Wave Application," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 63, No. 3, hal. 966-977, Mar. 2015.
- [12] Chairunnisa, R.S. Asthan, A.H. Wahyudi, dan A. Munir, "Differentially Fed Ring-shaped Planar Printed Antenna with Higher Order Mode Suppression," *Proc. 2018 Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS-Toyama)*, 2018, hal. 1339-1342.
- [13] R.S. Asthan dan A. Munir, "Differentially Proximity Coupled Ring Printed Antenna Array for L-band SAR Application," *Proc. The 12th Int. Conf. on Telecommunication Systems, Services, and Applications*, 2018, hal. 1-4.
- [14] C.A. Balanis, *Modern Antenna Handbook*, New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [15] D.M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed., New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- [16] D.K. Misra, *Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design*, New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2001.