

Analisis Parameter Antena Mikrostrip dengan Metode Split Ring Resonator pada Frekuensi L-Band

Dian Rusdiyanto¹ , Catur Apriono², Dian Widi Astuti³

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana

²Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia

 dian.rusdiyanto@mercubuana.ac.id

Abstrak: Pada penelitian ini dilakukan perancangan antena mikrostrip dengan menggunakan metode *split ring resonator* (SRR) untuk aplikasi pada frekuensi L-Band. Antena ini mempunyai dimensi substrat 90 mm x 50 mm dengan panjang *patch* 60 mm dan lebar *patch* 44 mm. Desain antena menggunakan material FR4-Epoxy dengan spesifikasi konstanta dielektrik 4,6 dengan ketebalan 1,6 mm dan *dielectric loss tangent* 0,02. Pada penelitian ini, parameter yang mengalami perubahan signifikan adalah lebar *patch* SRR, *gap* SRR, dan posisi SRR pada *ground plane*. Desain *patch* SRR dengan nilai sepertiga panjang gelombang pada frekuensi 1,5 GHz memenuhi karakteristik dari frekuensi L-Band. Berdasarkan hasil simulasi, antena menghasilkan *bandwidth* (< -10 dB) sebesar 1,2466 GHz dengan rentang frekuensi 988,25 MHz sampai 2,2349 GHz. Nilai *return loss* simulasi adalah -36,89 dB. Pada rentang 1 GHz sampai 2 GHz, *gain* tertinggi berada pada frekuensi 2 GHz dengan nilai 3,5 dBi. Sedangkan *gain* terendah adalah 1,21 dBi, yaitu pada frekuensi 1,050 GHz. Secara keseluruhan, desain antena ini telah mencapai performa kinerja yang lebih baik melalui modifikasi pada *patch* SRR.

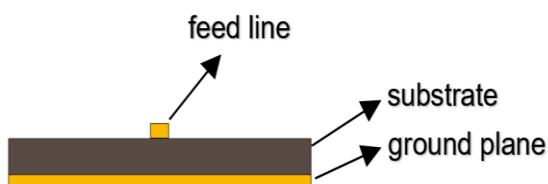
Kata kunci: *bandwidth*, *gain*, L-Band, *return loss*, *split ring resonator*

Abstract: In this research, microstrip antenna using split ring resonator (SRR) method for L-Band application has been designed. This antenna has dimension 90 mm x 50 mm of substrate, where the patch length is 60 mm and 44 mm of patch width. The material of the substrate is FR4-Epoxy, which has 4.6 of dielectric constant, 1.6 mm of substrate height, and 0.02 of tangential loss. In this research, some parameters were significantly changed for better result such as width, gap, and the position of SRR patch in the ground plane. SRR patch with $1/3 \lambda$ (1.500 GHz) achieved L-band frequency range. Simulation result showed this design has 1.2466 GHz of bandwidth at frequency range 988.25 MHz to 2.2349 GHz. The simulated return loss -36.89 dB. At frequency 1 GHz to 2 GHz, the highest gain appeared at 2 GHz with 3.5 dBi of gain. On the other hand, the lowest gain is 1.21 dBi at 1.050 GHz. Finally, this SRR antenna design has achieved good performance when some parameters were modified.

Keywords: *bandwidth*, *gain*, L-Band, *return loss*, *split ring resonator*

I. PENDAHULUAN

Perangkat teknologi komunikasi telah banyak berkembang, salah satunya adalah antena. Antena merupakan perangkat penting pada sistem komunikasi nirkabel yang berperan sebagai perangkat terakhir pada sisi pengirim (*transmitter*) dan perangkat awal pada sistem penerima (*receiver*) [1]. Performa antena mempengaruhi kinerja dari sebuah sistem komunikasi secara keseluruhan. Faktor-faktor kualitas antena diantaranya ketahanan terhadap derau, koefisien refleksi yang rendah, *gain* yang besar dan *bandwidth* yang lebar. Parameter-parameter kualitas antena ini bergantung pada aplikasi yang digunakan [2].



Gambar 1. Struktur antena mikrostrip.

Salah satu antena yang sedang banyak diteliti ialah antena mikrostrip. Antena mikrostrip terdiri dari tiga elemen utama diantaranya elemen peradiasi (*patch*), substrat dan *ground plane* seperti yang terlihat pada Gambar 1. Antena mikrostrip lahir dari kebutuhan pada antena yang memiliki bentuk yang kecil, bobot yang ringan, murah, dan kemudahan pada proses instalasi namun mempunyai performa yang tinggi [3]. Antena ini banyak digunakan pada berbagai aplikasi seperti radar [4], GPS [5], komunikasi seluler [6], penerima sinyal televisi digital [7] dan aplikasi komunikasi nirkabel lainnya. Antena mikrostrip juga mempunyai beberapa kekurangan seperti daya yang rendah, efisiensi yang kecil, *bandwidth* yang sempit, dan polaritas yang tidak murni serta adanya gelombang yang muncul pada permukaan. Walaupun demikian, ada banyak metode yang bisa dilakukan untuk mengatasi kekurangan tersebut.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan yang muncul pada antena mikrostrip. Penelitian [8] menggunakan resistor secara seri pada bagian pencatu dan penggunaan celah menyilang untuk meningkatkan efisiensi radiasi antena yang mencapai 97%. Penggunaan celah terbuka juga

dilakukan oleh [9] yang meningkatkan *bandwidth* antenna mencapai 122%. Untuk mengatasi nilai *gain* yang rendah, salah satu solusinya adalah dengan menambahkan *low noise amplifier* yang diintegrasikan dengan antenna seperti yang dilakukan oleh [10] yang menghasilkan *gain* simulasi sebesar 28.4 dBi.

Penelitian lain mengenai antenna mikrostrip yang juga sedang dikembangkan yaitu penggunaan *split ring resonator* (SRR). Metode ini bersifat multifungsi atau mempunyai banyak manfaat, diantaranya adalah dapat mengatur resonansi pada frekuensi tertentu [11], peningkatan *bandwidth* [12], miniaturisasi antenna dan lain-lain [13-14]. Dibandingkan dengan perancangan antenna konvensional, metode SRR mampu mengurangi dimensi antenna secara signifikan. Hal ini karena adanya perubahan nilai permitifitas dan permeabilitas pada antenna.

Penelitian ini fokus pada perancangan antenna mikrostrip menggunakan metode SRR dengan melakukan optimasi pada parameter-parameter yang digunakan. Tujuannya adalah untuk melihat pengaruh frekuensi resonansi yang dapat bergeser pada frekuensi yang lebih rendah dengan dimensi yang lebih kecil dari antenna konvensional. Modifikasi dilakukan pada model antenna konvensional yang sebelumnya telah mengalami proses perubahan yaitu model *defected ground structure* (DGS). Desain antenna ini menganalisis hasil *return loss*, *bandwidth* dan *gain* yang dihasilkan. Keterbaruan pada penelitian ini, selain melihat fenomena dari perubahan parameter, juga penggunaan model SRR sederhana yang terhubung pada *ground plane*. Antenna ini beroperasi pada frekuensi L-Band pada rentang 1 GHz sampai 2 GHz. Pemilihan frekuensi L-Band digunakan berdasarkan pertimbangan bahwa frekuensi ini dapat digunakan pada beragam aplikasi seperti radar, GPS, seluler dan lain-lain.

II. PERANCANGAN DAN SIMULASI

Perancangan antenna dilakukan dengan menentukan parameter frekuensi, pemilihan material antenna, dan perhitungan parameter hasil simulasi. Antenna beroperasi pada frekuensi L-Band dimana rentang frekuensi tersebut harus mencapai *bandwidth* minimum 1 GHz. Untuk mencapai rentang tersebut, maka frekuensi tengah yang menjadi acuan berada pada 1,5 GHz. Frekuensi acuan ini diharapkan dapat berada pada rentang frekuensi 1 GHz sampai 2 GHz. Jika memilih frekuensi 1 GHz sebagai frekuensi tengah, maka *bandwidth* dapat meliputi frekuensi di bawah 1 GHz namun sulit untuk mencapai frekuensi 2 GHz. Begitupun sebaliknya, jika frekuensi 2 GHz yang dipilih. Walaupun demikian, untuk dijadikan parameter studi, maka tetap dilakukan perhitungan secara teoritis pada frekuensi 1 GHz untuk dibandingkan hasilnya dengan frekuensi 1,5 GHz.

Tahapan selanjutnya adalah perancangan antenna pada simulator CST Microwave Studio. Proses perancangan dimulai dengan menggambar model

konvensional berdasarkan hasil pengukuran teoritis. Model antenna konvensional yang dirancang yaitu dalam bentuk persegi. Kemudian dilakukan proses iterasi dan modifikasi pada *patch* dan *ground plane* yang dikenal sebagai model *defected ground structure* (DGS). Tahap akhir yaitu penggunaan *patch* SRR dan iterasi pada parameter-parameter SRR.

Parameter hasil simulasi yang diamati adalah frekuensi bawah dan frekuensi atas, *bandwidth*, *gain*, serta *return loss*. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka dilakukan proses iterasi dengan mengubah dimensi *patch*, modifikasi *ground plane*, mengubah ukuran *gap* SRR dan sebagainya.

A. Pemilihan Material Antena

Material antenna berpengaruh pada kinerja antenna. Sebagai contoh, antenna yang menggunakan substrat dengan konstanta dielektrik yang lebih rendah membuat dimensi antenna menjadi lebih besar. Selain itu, *loss* tangensial juga dapat berpengaruh terhadap nilai *gain* antenna. Untuk itu, pemilihan material perlu ditentukan pada awal perancangan dan perlu juga untuk diketahui karakteristik dari material tersebut. Antenna mikrostrip yang digunakan pada penelitian ini mempunyai dua material bahan yang digunakan seperti substrat FR4-Epoxy dan tembaga. Untuk mengetahui karakteristik material dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik material antenna.

| Susbrat FR4-Epoxy | Nilai |
|--|----------|
| Konstanta dielektrik (ϵ_r) | 4.4 |
| Ketebalan (h) | 1,6 mm |
| <i>Dielectric loss tangent</i> ($\tan \delta$) | 0,02 |
| Tembaga | Nilai |
| Ketebalan | 0,035 mm |
| Permitifitas | 1 |
| Permeabilitas | 0,99991 |

B. Perancangan Dimensi Antena Persegi

Elemen peradiasi antenna berbentuk persegi. Oleh karena itu, dimensi antenna diambil berdasarkan *rectangular patch dimension calculation*, yaitu dengan menentukan panjang L dan lebar W . Nilai W dapat dilihat pada Persamaan (1) [3].

$$W = \frac{v_0}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

Nilai W_p diketahui dengan menentukan frekuensi resonansi, dimana v_0 adalah kecepatan cahaya dan ϵ_r konstanta dielektrik. Berdasarkan Persamaan (1), diketahui nilai W untuk frekuensi 1,5 GHz adalah 59,72 mm. Dari hasil W , selanjutnya dapat ditentukan nilai L . Untuk menentukan L , dilakukan perhitungan konstanta dielektrik efektif ϵ_{reff} pada Persamaan (2), kemudian ditentukan *length extension* ΔL pada Persamaan (3) [15-16].

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

$$\frac{\Delta L}{h} = 0,412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} + 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (3)$$

Nilai L dapat dicari pada Persamaan (4), dimana panjang efektif dapat ditentukan dari Persamaan (5).

$$L = \frac{v_0}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

$$L_e = L + 2\Delta L \quad (5)$$

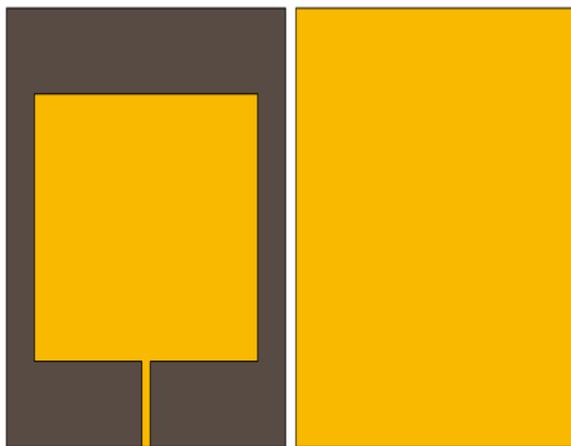
Dari hasil perhitungan, diketahui nilai L pada frekuensi 1,5 GHz sebesar 46,35 mm. Untuk lebar saluran pencatu W_{feed} dapat diketahui dari Persamaan (6) dan Persamaan (7) [15-16], di mana hasilnya adalah 3 mm. Sebagai perbandingan, perhitungan dimensi juga dilakukan untuk menentukan dimensi antena dengan frekuensi 1 GHz. Hasilnya didapat nilai W adalah 89,58 mm dan L sebesar 69,71 mm.

$$B = \frac{60 \pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

$$W_{feed} = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (7)$$

C. Geometri dan Simulasi Antena

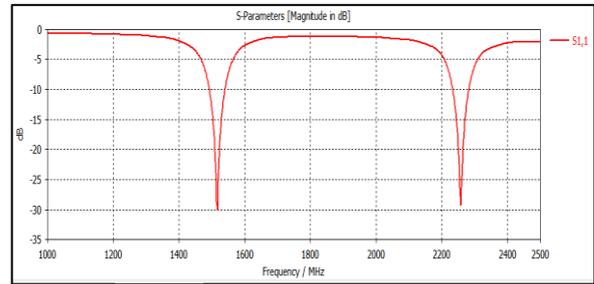
Gambar 2 menunjukkan geometri antena konvensional yang dirancang pada software CST Microwave Studio. Dimensi awal patch yang digunakan berdasarkan hasil pada perhitungan sebelumnya yaitu 59,72 mm × 46,35 mm. Ukuran substrat yang digunakan pada simulasi antena konvensional sebesar 80 mm × 80 mm.



Gambar 2. Geometri antena konvensional persegi.

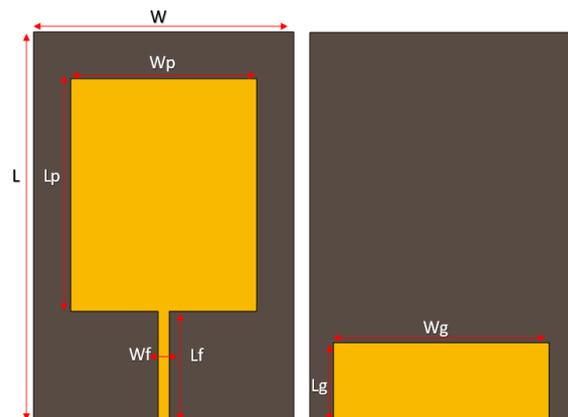
Pada Gambar 2, terlihat *ground plane* diselimuti secara penuh oleh lapisan tembaga. Dari hasil iterasi, dimensi *patch* terbaik berada pada ukuran 60 mm × 44 mm. Hasil simulasi antena konvensional ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan hasil return loss, dimana pada frekuensi L-Band,

terdapat satu frekuensi resonansi. Namun jika diperlebar pada rentang 2,5 GHz, terdapat frekuensi lain yang beresonansi yaitu pada 2,25 GHz.



Gambar 2. Return loss simulasi antena konvensional.

Frekuensi tengah (1.5 GHz) mempunyai *return loss* simulasi sebesar - 30,1 dB dan nilai *VSWR* sebesar 1,58. *Bandwidth* simulasi yang dihasilkan sekitar 47,5 MHz dan *gain* mencapai 1,41 dBi. *Bandwidth* ini belum mencapai rentang frekuensi L-Band. Untuk itu dilakukan peningkatan *bandwidth* melalui modifikasi pada *ground plane*. Modifikasi *ground plane* menggunakan metode *defected ground structure* (DGS) yang berfungsi untuk memperlebar *bandwidth* antena.



Gambar 4. Geometri konvensional dengan modifikasi *ground plane*.

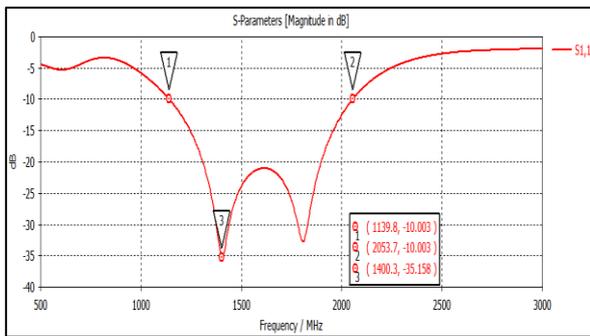
Gambar 4 menunjukkan geometri antena konvensional yang telah dimodifikasi pada area *ground plane* atau disebut dengan antena DGS. Antena ini memotong lebih dari setengah *ground plane* antena konvensional. Hasil iterasi menunjukkan bahwa dimensi *patch* terlihat lebih panjang dan lebar yang mengecil. Lebar area *ground plane* diberi simbol W_g dan panjangnya dengan simbol L_g . Dimensi antena DGS hasil optimasi simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran dimensi hasil optimasi antena DGS.

| Parameter | Nilai |
|----------------------------|--------|
| Panjang Substrat (L) | 100 mm |
| Lebar Substrat (W) | 70 mm |
| Panjang Patch (L_p) | 60 mm |
| Lebar Patch (W_p) | 50 mm |
| Panjang Feedline (L_f) | 28 mm |
| Lebar Feedline (W_f) | 3 mm |

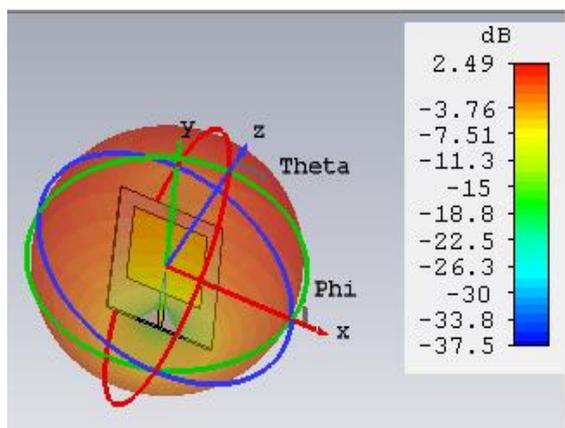
| | |
|---------------------------------|-------|
| Panjang <i>Ground</i> (L_g) | 20 mm |
| Lebar <i>Ground</i> (W_g) | 58 mm |

Tabel 2 menunjukkan dimensi antenna DGS sedikit membesar baik pada sisi dimensi substrat maupun *patch* antenna. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan hasil simulasi antenna konvensional. Optimasi hasil simulasi secara signifikan berubah melalui iterasi nilai L_g dan W_g .



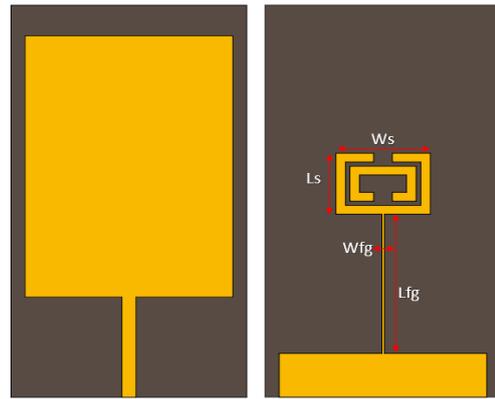
Gambar 5. Return Loss simulasi antenna DGS.

Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi *return loss* pada antenna DGS di mana *bandwidth* antenna meningkat menjadi 919,3 MHz yang berada pada rentang 1,1398 GHz sampai 2,0537 GHz. Nilai *return loss* terendah berada pada frekuensi 1,4 GHz dengan nilai -35,15 dB. Pada frekuensi 1,5 GHz, antenna mempunyai *gain* sebesar 2,49 dBi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. *Bandwidth* antenna meningkat hampir 20 kali dibandingkan *bandwidth* antenna konvensional. Sedangkan nilai *gain* terjadi peningkatan sebesar 43,37%.



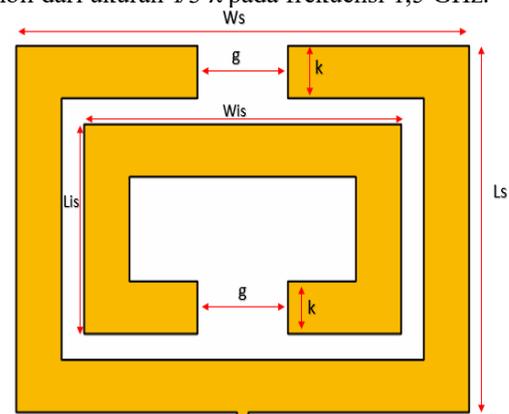
Gambar 6. Nilai *gain* hasil simulasi antenna DGS.

Hasil ini lebih baik dibandingkan hasil konvensional. Walaupun demikian, modifikasi ini belum mencapai hasil yang optimal karena belum menyentuh frekuensi 1 GHz atau di bawahnya. Solusi lain adalah dengan memperbesar dimensi *patch* antenna, karena secara perhitungan, frekuensi 1 GHz dapat dicapai dengan panjang *patch* sebesar 69,7 mm dan lebar 89,58 mm, sedangkan dimensi model DGS masih di bawah itu.



Gambar 7. Geometri antenna *split ring resonator*.

Gambar 7 menunjukkan hasil modifikasi antenna DGS dengan menggunakan penambahan elemen SRR pada bagian *ground plane*. Elemen SRR terhubung secara vertikal dengan *ground patch*. Dari hasil optimasi, diperoleh panjang elemen penghubung *ground* ke SRR L_{fg} sebesar 32 mm dengan lebar W_{fg} sebesar 0,5 mm. Model SRR dapat dilihat secara detail pada Gambar 8, di mana panjang persegi terluar diambil dari ukuran $1/3 \lambda$ pada frekuensi 1,5 GHz.



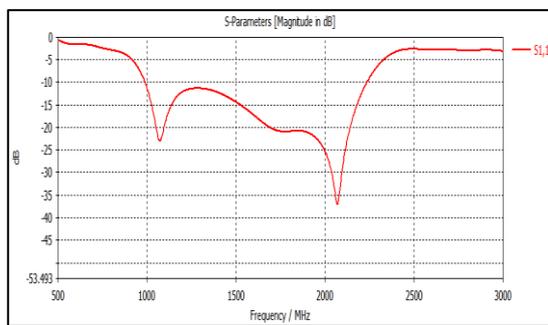
Gambar 8. Detail ukuran *split ring resonator*.

Gambar 8 menunjukkan geometri dari model SRR di mana *gap* antar elemen g bernilai 4 mm dengan lebar *patch* SRR k sebesar 2 mm. Hasil optimasi simulasi antenna SRR dapat dilihat pada Tabel 3. Jika diperhatikan, terjadi reduksi dari ukuran *patch* dan substrat dari DGS ke SRR, di mana ukuran *patch* antenna sama dengan desain antenna konvensional 1,5 GHz atau lebih kecil jika dibandingkan dengan ukuran untuk frekuensi kerja 1 GHz. Jika dilihat dari hasil *return loss* simulasi, maka dapat disimpulkan bahwa antenna model SRR ini dapat meminiatursasi hasil perancangan antenna DGS tanpa mengurangi performa antenna.

Return loss hasil optimasi dapat dilihat pada Gambar 9, di mana *bandwidth* simulasi mencapai 1,2466 GHz yang berada pada rentang frekuensi 988,25 MHz sampai 2,2349 GHz. Hasil ini menunjukkan nilai frekuensi kerja telah berada pada rentang frekuensi L-Band. Pada Gambar 9 menunjukkan nilai *return loss* antenna SRR sebesar -36,89 dB.

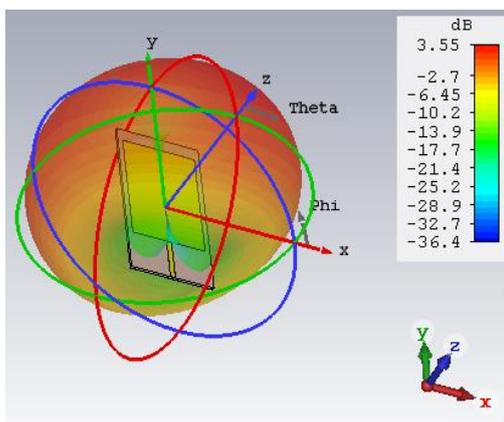
Tabel 2. Ukuran dimensi hasil optimasi antenna SRR.

| Parameter | Nilai |
|--|--------|
| Panjang Substrat (L) | 90 mm |
| Lebar Substrat (W) | 50 mm |
| Panjang Patch (L_p) | 60 mm |
| Lebar Patch (W_p) | 44 mm |
| Panjang Feedline (L_f) | 23 mm |
| Lebar Feedline (W_f) | 3 mm |
| Panjang Ground (L_g) | 10 mm |
| Lebar Ground (W_g) | 44 mm |
| Panjang Garis Ground ke SRR (L_{fg}) | 32 mm |
| Lebar Garis Ground ke SRR (W_{fg}) | 0,5 mm |
| Panjang SRR luar (L_s) | 14 mm |
| Lebar SRR luar (W_s) | 20 mm |
| Panjang SRR dalam (L_i) | 8 mm |
| Lebar SRR dalam (W_i) | 14 mm |
| Gap SRR (g) | 4 mm |
| Lebar patch SRR (k) | 2 mm |



Gambar 9. Return Loss simulasi antenna SRR.

Gain tertinggi hasil simulasi antenna SRR berada pada frekuensi 2 GHz dengan nilai gain mencapai 3,55 dBi seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Nilai gain hasil simulasi antenna SRR.

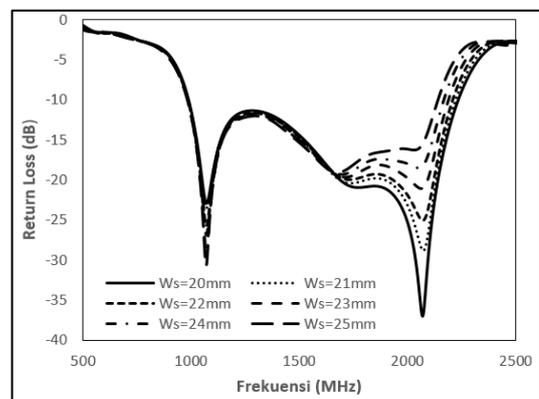
III. ANALISIS HASIL SIMULASI

Antena SRR secara signifikan telah memberikan perubahan terhadap performa dari kinerja antenna ke arah yang lebih baik. Peningkatan gain, pelebaran bandwidth, kedalaman return loss serta pereduksian dimensi menjadi keunggulan dari antenna ini. Untuk mengetahui fenomena-fenomena yang terjadi pada setiap parameter antenna SRR, maka dilakukan studi parameter, yaitu mengubah bagian-bagian pada desain antenna SRR. Studi parameter yang menjadi acuan

berupa modifikasi pada lebar sisi luar patch SRR W_s , gap SRR g dan panjang garis ground ke SRR L_{fg} .

A. Pengaruh Parameter Patch SRR Luar

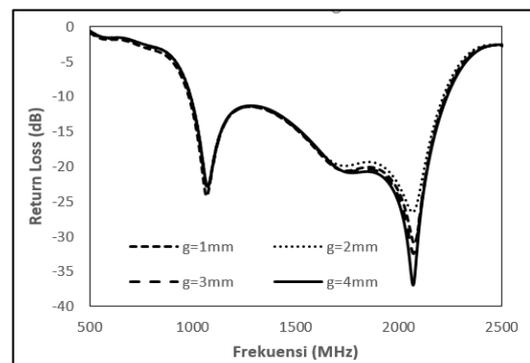
Sebelum mencapai hasil optimal pada iterasi antenna SRR, perubahan secara intensif dilakukan pada nilai lebar sisi luar patch SRR W_s . Parameter ini berpengaruh pada nilai bandwidth dan frekuensi resonansi. Parameter ini juga berperan untuk menjangkau frekuensi L-Band dari 1 GHz – 2 GHz. Nilai optimal W_s dicapai pada saat berada pada $1/3 \lambda$. Dari hasil simulasi optimasi nilai W_s dapat diketahui bahwa semakin besar nilai W_s , maka nilai return loss dari frekuensi 1,5 GHz semakin tinggi, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 11. Perbedaan nilai return loss yang terlalu jauh membuat perbedaan performa antenna pada berbagai frekuensi. Untuk itu, pemilihan nilai W_s sebesar 20 mm merupakan pilihan yang dapat menyesuaikan dengan frekuensi kerja yang lainnya.



Gambar 11. Pengaruh Nilai W_s pada antenna SRR.

B. Pengaruh Parameter Gap SRR

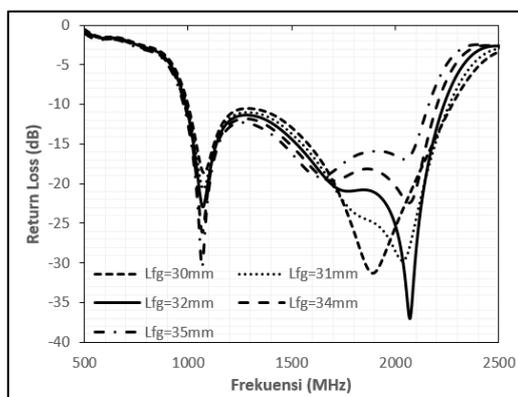
Gap SRR baik pada patch dalam maupun luar mempunyai ukuran yang sama. Perubahan nilai pada gap SRR hanya berpengaruh pada frekuensi resonansi di rentang 2 GHz. Nilai return loss semakin baik jika gap yang diberikan semakin besar. Semakin kecil gap yang diberikan, maka nilai return loss semakin membesar. Ukuran gap sebesar 4 mm adalah hasil yang paling optimal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengaruh Nilai gap g pada antenna SRR.

C. Pengaruh Panjang Garis Penghubung Ground Ke SRR

Parameter lain memiliki perubahan yang signifikan yaitu panjang garis penghubung *ground* dan SRR *Lfg*. Garis penghubung ini menentukan posisi vertikal dari *patch* SRR. Semakin panjang garis penghubung, maka letak *patch* SRR semakin ke atas. Panjang *Lfg* mempengaruhi *bandwidth* dan *return loss* simulasi. Seperti yang ditunjukkan Gambar 13, di mana nilai *Lfg* pada saat 30 mm mempunyai *bandwidth* yang sedikit lebih besar. Walaupun demikian, frekuensi resonansi bergeser dan nilai *return loss* semakin membesar. Begitu pula pada saat *Lfg* bernilai 31 mm. Jika nilai *Lfg* semakin membesar, maka nilai *return loss* juga semakin besar dan *bandwidth* semakin mengecil. Nilai optimum *Lfg* berada pada nilai 32 mm di mana *bandwidth* antenna masih masuk ke dalam rentang frekuensi L-Band dan nilai *return loss* semakin mengecil.



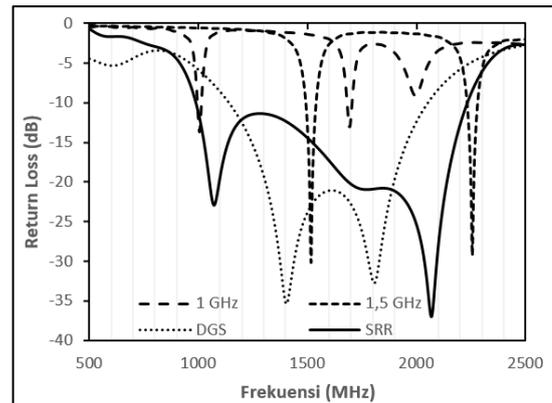
Gambar 13. Pengaruh panjang garis penghubung *ground* ke SRR.

D. Analisis Hasil Perbandingan

Parameter-parameter antenna SRR diketahui mempunyai pengaruh terhadap hasil simulasi. Ada yang berperan memperlebar *bandwidth*, ada pula yang berfungsi sebagai *matching impedance*. Fungsi-fungsi tersebut dapat disesuaikan dengan kebutuhan dari sebuah aplikasi yang digunakan. Jika tidak membutuhkan *bandwidth* yang lebar, maka dapat menggunakan desain konvensional. Namun jika ingin menghasilkan *bandwidth* yang dapat mencapai lebih dari 10 kali lipat, maka dapat menggunakan metode DGS atau SRR, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.

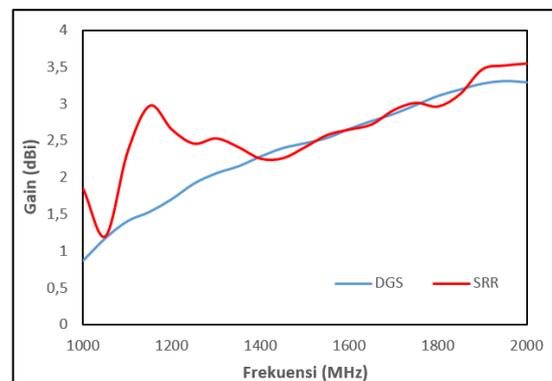
Gambar 14 menampilkan hasil simulasi *return loss* antenna konvensional yang beroperasi pada frekuensi 1 GHz dan 1,5 GHz. Hasil simulasi menunjukkan antenna mempunyai *bandwidth* yang sempit. Berbeda dengan desain DGS dan SRR yang mampu mencapai *bandwidth* yang lebih lebar. Sebagai contoh, antenna konvensional untuk frekuensi 1 GHz, memerlukan dimensi 89,58 mm × 69,71 mm. Namun dengan metode SRR yang hanya berukuran 60 mm × 44 mm, antenna mampu menjangkau frekuensi tersebut. Hal ini merupakan sebuah keuntungan dari

segi material yang dapat disimpan untuk kebutuhan yang lain.



Gambar 14. Perbandingan hasil *return loss* beberapa desain antenna.

Jika dibandingkan antara antenna model DGS dengan model SRR, dimensi antenna SRR dapat tereduksi sampai 12% pada elemen peradiasi dan 35,71% pada material substrat. Sementara itu, dari nilai *gain*, antenna SRR mendominasi pada beberapa frekuensi L-Band jika dibandingkan model DGS. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 15, di mana pada rentang 1 GHz - 1,4 GHz dan 1,9 GHz - 2 GHz, *gain* antenna SRR jauh lebih besar. Hanya pada frekuensi 1,5 GHz dan 1,8 GHz, *gain* antenna SRR agak sedikit di bawah. Fenomena ini menunjukkan bahwa antenna SRR juga dapat meningkatkan *bandwidth* antenna di beberapa frekuensi, selain mereduksi dimensi dari antenna.



Gambar 15. Perbandingan *gain* simulasi antenna DGS dan SRR.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah merancang antenna mikrostrip menggunakan metode *split ring resonator* (SRR) yang dapat beroperasi pada frekuensi L-Band. Antenna ini mempunyai dimensi substrat sebesar 90 mm × 50 mm dengan dimensi *patch* sebesar 60 mm × 44 mm. Berdasarkan hasil simulasi, parameter-parameter yang digunakan pada model SRR dapat mengarahkan antenna untuk dapat bekerja pada frekuensi yang lebih rendah. Selain itu, *bandwidth* dan *gain* antenna SRR mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan model konvensional atau model dengan

modifikasi pada *ground plane* (DGS). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa desain antena SRR ini dapat meningkatkan performa antena dengan mengubah beberapa parameter SRR seperti lebar sisi luar *patch* SRR W_s , *gap* SRR g dan panjang garis *ground* ke SRR L_g .

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pusat Penelitian (Puslit) Universitas Mercu Buana yang mendukung penuh penelitian ini melalui skema Penelitian Kerja Sama Dalam Negeri (KDN) tahun anggaran 2019/2020 dan Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia yang memfasilitasi laboratorium pengukuran antena.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Irmer and G. Fettweis, "Combined transmitter and receiver optimization for multiple-antenna frequency-selective channels," *The 5th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, Honolulu, HI, USA*, vol.2, pp. 412-416, 2002.
- [2] Stutzman, Warren, and Thiele, G.A., *Antenna Theory and Design*, New York: John Wiley and Sons, 1981.
- [3] C. A. Balanis, *Antenna Theory; Analysis and Design, Thrid Edit*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2005.
- [4] W. Jiang, Y. Liu, S. Gong and T. Hong, "Application of bionics in Antenna radar cross section reduction," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 8, pp. 1275-1278, 2009.
- [5] D. Rusdiyanto and F. Y. Zulkifli, "Dual Band Circularly Polarized Microstrip Antenna Fed By Inverted-L Shaped With A Stub for GPS And WLAN Application," *11th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, pp. 1-4, 2019.
- [6] J. Helander, K. Zhao, Z. Ying and D. Sjöberg, "Performance Analysis of Millimeter-Wave Phased Array Antennas in Cellular Handsets," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 504-507, 2016.
- [7] Alade, Michael Olusope and Olusegun Olabisi. "Development of Microstrip Patch as HDTV Antenna for Terrestrial Indoor TV Reception." in *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, vol. 2, issue 6, 2013.
- [8] X. Chen, L. Yang, J. Zhao and G. Fu, "High-Efficiency Compact Circularly Polarized Microstrip Antenna With Wide Beamwidth for Airborne Communication," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 1518-1521, 2016.
- [9] W. Liu, Y. Yin, W. Xu and S. Zuo, "Compact Open-Slot Antenna With Bandwidth Enhancement," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 10, pp. 850-853, 2011.
- [10] D. Rusdiyanto and F. Y. Zulkifli, "Antenna Integrated with Low Noise Amplifier Operating at L1 GPS Application," *IEEE Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)*, pp. 1280-1282, 2019.
- [11] Ekmekci, Evren & Averitt, Richard & Turhan-Sayan, Gonul, "Effects of Substrate Parameters on the Resonance Frequency of Double-sided SRR Structures under Two Different Excitations," *PIERS 2010 Cambridge-Progress in Electromagnetics Research Symposium, Proceedings*.
- [12] Arora, Chirag & Pattnaik, Saumendra & Baral, Rudra Narayan. (2017). "SRR superstrate for gain and bandwidth enhancement of microstrip patch antenna array," *Progress In Electromagnetics Research B*, vol. 76, pp. 73-85.
- [13] Bilotti, Filiberto & Toscano, Alessandro, "Design of Spiral and Multiple Split-Ring Resonators for the Realization of Miniaturized Metamaterial Samples," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol. 55, pp. 2258 - 2267, 2007.
- [14] Navid Hosseini, Seyi Stephen Olokede, Mojgan Daneshmand, "A novel miniaturized asymmetric CPW split ring resonator with extended field distribution pattern for sensing applications," *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 304, 2020.
- [15] Bhartia, Ramesh dkk., *Microstrip Antenna Design Handbook*, London: Artech House, 2001.
- [16] Roderick, James, *Handbook of Microstrip Antennas*, London: Peter Peregrinus Ltd., 1989.