

Perancangan Dan Analisis Antena Mikrostrip *Patch Circular Ring* Dengan Menggunakan Csrr Di Sisi *Ground Plane* Pada Frekuensi 3,5 Ghz

1st Muhammad Fadhil
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

muhfadhil@student.telkomuniversity.a
c.id

2nd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Harfan Hian Ryanu
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Teknologi jaringan 5G yang merupakan pengembangan dari teknologi jaringan 4G dengan keuntungan kecepatan transfer data yang berkali-kali lipat dari jaringan 4G yang sangat berfungsi untuk memenuhi kebutuhan layanan jaringan yang semakin baik. Antena adalah salah satu komponen yang akan berpengaruh dalam implementasi teknologi jaringan 5G. Pada penelitian Tugas Akhir adalah untuk merancang dan menganalisis antena mikrostrip dengan menggunakan *complementary Split Ring Resonator (CSRR)* disisi *ground plane* pada teknologi 5G. CSRR digunakan pada bagian *ground plane* dan ditambahkan unit cell CSRR. Fungsi dari CSRR untuk meningkatkan bandwidth atau gain pada antena mikrostrip, antena mikrostrip yang memiliki kekurangan pada bandwidth yang sempit serta gain yang kecil.

Berdasarkan hasil realisasi menunjukkan bahwa struktur metamaterial yaitu CSRR sangat berpengaruh terhadap peningkatan bandwidth yang lebar. Bandwidth antena mikrostrip *patch circular ring* pada simulasi mendapatkan sebesar 140 MHz, sedangkan antena mikrostrip dengan CSRR bandwidth yang didapat yaitu 995 MHz pada simulasi dan pada pengukuran memiliki bandwidth 880 MHz untuk antena mikrostrip *patch circular ring* dengan CSRR 1x2. Return loss sebesar -17,218 dB, VSWR 1,328, dengan nilai gain sebesar 1,7 dBi. Pada Tugas Akhir ini antena mikrostrip *patch circular ring* dengan CSRR sudah memenuhi spesifikasi dan bekerja pada frekuensi 3,5 GHz pada teknologi 5G.

Kata kunci— 5G, Antena mikrostrip, Parameter Antena Mikrostrip, Antena mikrostrip *patch circular ring*, Metamaterial, CSRR

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi jaringan internet mengalami perkembangan yang sangat pesat dengan adanya teknologi yang canggih banyak dampak positif dan manfaat banyak untuk manusia. Dalam perkembangan teknologi manusia akan berdampingan dengan teknologi canggih dalam kehidupan sehari-hari dan harus sadar akan perkembangan teknologi untuk bijak dalam menggunakannya. Teknologi jaringan 5G yang merupakan perkembangan dari adanya teknologi jaringan 4G yang sangat berbeda dari teknologi jaringan 4G dengan adanya kecepatan yang berkali-kali lipat

dari teknologi 4G akan sangat membantu sumber daya manusia ataupun berbagai bisnis yang bisa saja yang biasa dilakukan secara manual menjadi bisa dilakukan secara otomatis [1].

Teknologi 5G yang bisa memberikan pengaruh pada jaringan internet serta MBB atau Mobile Broadband dan bisa terhubung dari mesin ke mesin, koneksi jaringan internet yang terhubung ke IoT atau *Internet of Things* [1]. Sejauh ini ada tiga kandidat pita frekuensi yang ideal untuk digunakan untuk 5G, yakni 3,5 GHz, 26 GHz, dan 28 GHz. Menurut (Adityawarman & Krisnadi, n.d.) di Indonesia, tidak semua "bersih" dan bisa langsung digunakan, seperti 3,5 GHz yang masih dihuni oleh satelit untuk televisi, perbankan, dan telekomunikasi [2].

Antena adalah suatu alat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik dengan memancarkan atau menerima sinyal. Kebutuhan teknologi 5G di dukung oleh antena yaitu antena mikrostrip. Antena mikrostrip merupakan antena yang saat ini populer karena memiliki keunggulan dan memenuhi permintaan akan antena yang kecil dan ringan sehingga kompatibel dan mudah diintegrasikan. Antena mikrostrip memiliki banyak kelebihan namun antena ini juga memiliki beberapa kekurangan, seperti gain yang rendah dan bandwidth yang sempit[3]. Dari kekurangan antena mikrostrip diperlukan antena yang memiliki *bandwidth* yang lebar dan gain yang tinggi yaitu antena metamaterial.

Metamaterial adalah struktur buatan manusia yang memiliki sifat khusus dan tidak tersedia di alam, sehingga nilai permitivitas atau permeabilitas bernilai negatif. Salah satu desain metamaterial yang sesuai dengan teknologi 5G adalah *Complementary Split Ring Resonator (CSRR)*. Pada penelitian terdahulu telah dilakukan perancangan dan analisis antena mikrostrip *patch circular ring*[4]. Penelitian lain yaitu tentang merancang dan merealisasikan antena mikrostrip *patch triangular* yang dilakukan modifikasi pada bagian *ground plane* dengan menambahkan struktur *Left-Handed Metamaterial (LHM)* yaitu *Triangular Split Ring Resonator (TSRR)* yang dapat bekerja pada frekuensi 3,5 GHz[5]. Mendesain dan mensimulasikan antena mikrostrip *patch*

sirkular dengan konsep metamaterial pada frekuensi 3,5 GHz. Konsep metamaterial yang digunakan adalah CSRR (*Complimentary Split Ring Resonator*) yang mana pada bagian *ground plane* ditambahkan *unit cell CSRR*[6].

Pada Tugas Akhir (TA) ini merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip *patch circular ring* dengan menggunakan struktur *Complementary Split Ring Resonator* (CSRR) tujuannya untuk mengoptimasi antenna pada frekuensi 3,5 GHz untuk teknologi 5G, sehingga mendapatkan dimensi antenna. Antena dibuat dengan bahan substrat FR-4 yang memiliki harga relatif murah.

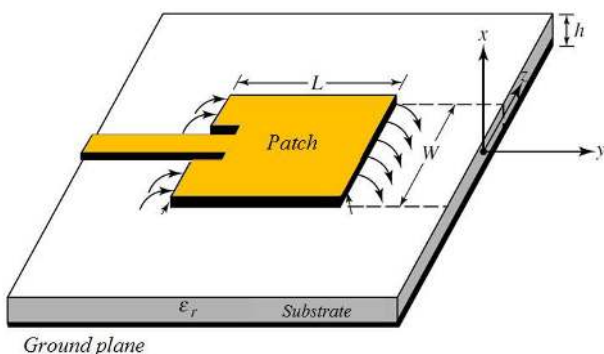
II. KAJIAN TEORI.

A. Fifth Generation (5G)

Teknologi 5G merupakan perkembangan sekaligus generasi terbaru dari pendahulunya yaitu 4G. Teknologi 5G menghadirkan tiga hal baru yaitu saluran yang lebih luas, latensi yang rendah, dan mempunyai banyak bandwidth, serta gelombang milimeter merupakan suatu koneksi jaringan internet yang dirancang dengan berbagai keunggulan yang sangat besar diantaranya yaitu baik pengunggahan ataupun pengunduhan akan lebih cepat dengan jangkauan koneksi yang stabil serta luas[1]. Pada pemaparan mengenai teknologi 5G menyatakan spektrum pada bandwidth dialokasikan kepada 5G NR yaitu 500 MHz[7]. Ada tiga aplikasi yang dijanjikan oleh 5G yaitu enhanced Mobile BroadBand (eMBB) adalah teknologi atau layanan yang memberikan kecepatan internet seperti video conference, Ultra Reliable and Low-Latency Communications (URLLC) untuk mentransfer data dengan latency rendah contohnya seperti pengendalian drone, sedangkan massive Machine Type Communications (mMTC) ditujukan untuk melayani perangkat dengan serentak dalam jumlah yang banyak yang dirancang untuk perangkat Internet of Things(IoT) contohnya seperti aplikasi yang dihubungkan dengan mesin cuci.

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antenna yang sangat populer karena memiliki keunggulan dan memenuhi kebutuhan akan antenna yang kecil dan ringan sehingga kompatibel dan mudah diintegrasikan. Antena mikrostrip memiliki banyak kelebihan namun antenna ini juga memiliki beberapa kekurangan, seperti *gain* yang rendah dan *bandwidth* yang sempit[3].



GAMBAR 1
Struktur antenna mikrostrip

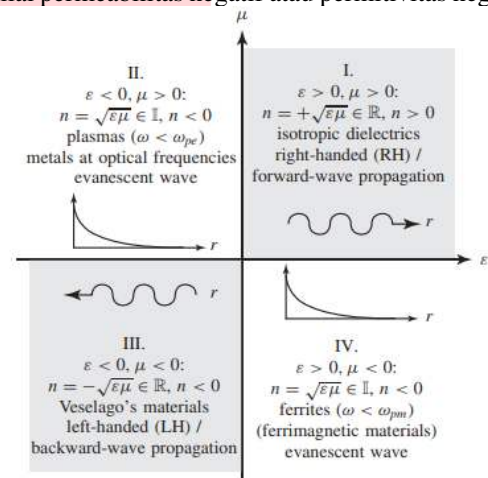
Antena mikrostrip memiliki tiga lapisan yaitu lapisan pertama disebut dengan *Patch*, substrat dan *ground plane*.

Masing-masing dari lapisan struktur antenna mikrostrip memiliki fungsinya dapat dilihat pada Gambar 2.1[8].

C. Metamaterial

Metamaterial adalah sebuah material yang dibuat dan desain agar memiliki sifat elektromagnetik yang tidak dapat di alam. semua material di alam tentunya memiliki nilai permitivitas dan permeabilitas yang positif dimana akan berdampak terhadap antenna. Metamaterial disusun secara simetris atau periodik untuk mendapat nilai permitivitas atau permeabilitas yang negatif[14]. Metamaterial sangat bagus untuk diimplementasikan terhadap antenna, metamaterial merupakan teknik miniaturisasi dimensi antenna dan dapat menambah *gain* dan pelebaran *bandwidth*[15].

Metamaterial memiliki banyak sifat-sifat mulai dari nilai permeabilitas dan permitivitas negatif disebut dengan *Double Negative* (DNG), dan *Single Negative* (SNG) yang hanya memiliki nilai permeabilitas negatif atau permitivitas negatif.



GAMBAR 2
Klasifikasi metamaterial

Dapat dilihat pada Gambar 3.2 terdapat empat jenis kuadran klasifikasi metamaterial yaitu *Right-Handed Metamaterial* (RHM) merupakan metamaterial yang mempunyai nilai permitivitas dan permeabilitas yang bernilai positif pada keduanya ($\epsilon > 0$ dan $\mu > 0$) RHM merupakan kuadran I dan kuadran ke II ada namanya material plasmas atau Epsilon Negative (ENG) yaitu permitivitas negatif dan permeabilitas positif ($\epsilon < 0$ dan $\mu > 0$), selanjutnya yaitu kuadran ke III atau disebut *Left-Handed Metamaterial* (LHM) yang memiliki permitivitas negatif dan permeabilitas negatif ($\epsilon < 0$ dan $\mu < 0$), dan terakhir yaitu kuadran terakhir IV atau disebut *ferrimagnetic materials* yang memiliki nilai permitivitas positif dan permeabilitas negatif ($\epsilon > 0$ dan $\mu < 0$). Pada metamaterial dikelompokkan pada kuadran II, III dan IV yang memiliki nilai permitivitas atau permeabilitas negatif atau terjadi pada nilai keduanya negatif.

D. Complementary Split Ring Resonator

Complementary Split Ring Resonator (CSRR) merupakan struktur yang dibentuk dua ring slot diantara kedua ring tersebut terdapat strip tembaga yang memisahkan, *Complementary Split Ring Resonator* (CSRR) juga merupakan bentuk komplementer dari desain *Split-Ring Resonator* (SRR) dimana SRR dibangkitkan oleh medan magnet sedangkan CSRR akan dibangkitkan oleh medan

listrik[16]. CSRR dibentuk dengan untuk “melukai” bagian *ground plane*. CSRR memiliki bentuk atau desain *unit cell* yang berbeda-beda, *circular*[6] dan persegi[14] seperti pada Gambar 2.4.



GAMBAR 3
Bentuk desain Complementry Split Ring Resonator (CSRR)

Pada dua port *waveguide* digunakan pada dua lokasi yaitu positif dan negatif pada sumbu x dan dikuatkan oleh gelombang elektromagnetik ke arah sumbu x. *Perfect electric conductor* (PEC) dengan kondisi batas diterapkan pada sumbu z, sedangkan *perfect magnetic conductor* (PMC) untuk sumbu y. *Perfect electric conductor* (PEC) adalah bahan ideal untuk menunjukkan konduktivitas listrik tak terbatas sedangkan *perfect magnetic conductor* (PMC) adalah bahan hipotetis yang digunakan untuk menemukan solusi perkiraan untuk beberapa masalah dalam Elektromagnetik. Pada PEC dan PMC digunakan untuk simulasi dan impedansi yang dinormalisasi diatur sebesar 50 Ω pada simulasi. Selanjutnya pada permitivitas dan permeabilitasnya diambil dari S-parameter menggunakan metode Chen. Untuk menghitung persamaan permitivitas dan permeabilitas sebagai berikut[17]:

$$z = \pm \sqrt{\frac{(1 + S_{11})^2 - S_{21}^2}{(1 - S_{11})^2 - S_{21}^2}}$$

$$n = \frac{1}{k_0 d} \{ [\text{Im}[\ln(e^{ink_0 d}) + 2m\pi] - i\text{Re}[\ln(e^{ink_0 d})]] \}$$

$$e^{ink_0 d} = \frac{S_{21}}{1 - S_{21} \frac{z-1}{z+1}}$$

$$\epsilon = \frac{n}{z}$$

$$\mu = nz$$

Dari persamaan diatas diketahui bahwa S_{11} dan S_{21} masing-masing adalah koefisien refleksi dan transmisi, k_0 adalah *wavenumber*, d adalah panjang maksimum elemen satuan, m merupakan bilangan bulat yang terkait dengan cabang indeks n , n merupakan indeks bias dan z merupakan impedansi gelombang, ϵ merupakan permitivitas, dan μ adalah permeabilitas

E. Perhitungan Dimensi *Patch Circular Ring*

Persamaan dimensi dengan *patch circular ring* ditentukan sebagai berikut[12]:

$$R_1 = \frac{58 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}}$$

$$R_2 = 0.30R_1$$

Keterangan:

$$R_1 = \text{Jari - jari luar}$$

$$R_2 = \text{Jari - jari dalam}$$

Untuk mencapai bandwidth yang lebih baik, jari - jari bagian dalam R_2 dimasukkan ke dalam patch melingkar. Jari-jari dalam dan luar dari antenna yang diusulkan dari persamaan diatas. f_r adalah frekuensi resonansi antenna dan konstanta dielektrik substrat (ϵ_{reff})[12].

$$\epsilon_{reff} = \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}$$

F. Teknik Pencatuan

Teknik pencatuan akan digunakan dalam perancangan. Untuk persamaan dalam menghitung lebar dan panjang feed, sebagai berikut persamaannya[13][6]:

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

Untuk lebar *feedline* (w_f) sama dengan lebar *patch*, karena *patch* yang digunakan lingkaran maka akan setara dengan diameter lingkaran. Besar impedansi dilakukan dengan persamaan sebagai berikut[6]:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}$$

Keterangan:

- B = Besar Impedansi (Ω)
- W_f = Lebar *feedline* (mm)
- Z_0 = Besar impedansi antenna (Ω)
- ϵ_r = Nilai epsilon bahan substrat
- h = Tinggi substrat (mm)

$$l_f = \frac{c}{4f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

Keterangan:

- l_f = Panjang *feed* (mm)
- f_r = Frekuensi resonansi
- ϵ_{eff} = permitivitas efektif
- c = kecepatan cahaya

Untuk menentukan persamaan permitivitas efektif (ϵ_{eff}) ditentukan dengan persamaan berikut[6]:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w_f}}} \right)$$

Lebar dan panjang *ground plane* untuk menentukan lebar (w_g) dan panjang (L_g) mikrostrip dapat digunakan persamaan berikut[6]:

$$w_g = 6h + w_f + R_1$$

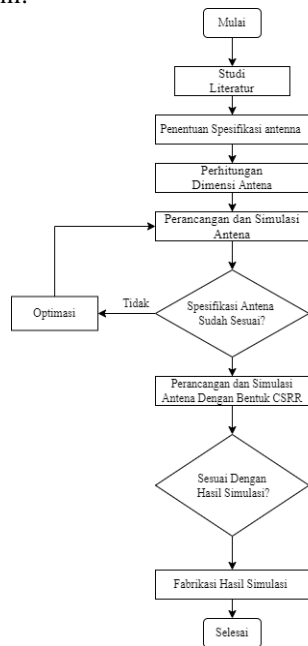
$$L_g = 6h + L_f + R_1$$

III. MODEL SISTEM DAN PERANCANGAN

A. Diagram Alir

Pada alur proses perancangan antenna mikrostrip *patch circular ring* dengan CSRR pada frekuensi 3.5 Ghz dapat

dilihat di bawah ini terdapat beberapa langkah-langkah pada flowchart ini:



GAMBAR 4 Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 3.1 menunjukkan mengenai tahapan - tahapan dengan secara singkat. Langkah pertama yaitu studi literatur adalah mencari referensi sebanyak mungkin yang mudah untuk dipahami mengenai konsep antena dengan CSRR. Langkah selanjutnya yaitu spesifikasi antena menentukan spesifikasi antena yang ingin dibuat seperti VSWR, *return loss*, *bandwidth*. Setelah menentukan spesifikasi antena maka ada perhitungan dimensi antena sebelum melakukan perancangan dan simulasi antena.

Jika hasil simulasi tidak sesuai spesifikasi antena maka akan terjadi optimasi yang guna dilakukan untuk spesifikasi yang diinginkan. Setelah optimasi dilakukan maka simulasi dari perancangan antena mikrostrip dengan CSRR dilakukan bertujuan untuk membandingkan dengan antena mikrostrip konvensional apakah hasilnya lebih bagus atau tidak.

Setelah simulasi dari perancangan antena jika hasil yang tidak sesuai spesifikasi maka akan dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Setelah dioptimasi maka antena dapat direalisasikan sehingga akan dilakukan fabrikasi.

B. Spesifikasi Antena

Pada tahap ini akan dilakukan perancangan yaitu menentukan spesifikasi antena yang akan dirancang dan ditentukan pada Tugas Akhir ini yaitu:

- Frekuensi resonansi : 3,5 GHz
- Bandwidth : N 78 (3,3-3,8 GHz)
- VSWR : ≤ 2
- Gain : 1 dBi
- Pola radiasi : *unidirectional*

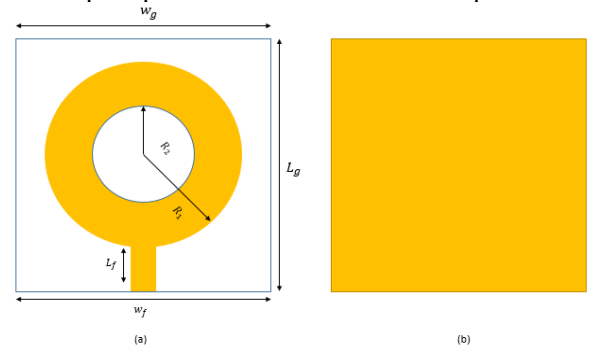
Pemilihan spesifikasi antena sangat penting dari perancangan dan implementasi yang sesuai spesifikasi 5G NR. Untuk Tugas Akhir ini memilih spesifikasi 5G NR band N78 dimana *bandwidth* rentang frekuensi 3,3-3,8 dengan frekuensi tengah 3,5 GHz. Bahan penyusun komponen atau

dielektrik yang akan digunakan sebagai substrat pada antena mikrostrip *patch circular ring* yaitu *epoxy FR4*. Karakteristik dari *epoxy FR4* sebagai berikut:

- Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) : 4,4
- Ketebalan substrat (h) : 1,6 mm

C. Perancangan dan Simulasi Antena Konvensional

Pada perancangan awal antena mikrostrip *patch circular ring* dapat dilihat pada Gambar 5 dan untuk parameter – parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 merupakan hasil perbandingan dari perhitungan dan optimasi dilakukan untuk memenuhi spesifikasi yang diinginkan, hasil optimasi antena mikrostrip *patch circular ring* dan terjadi nilai perubahan pada parameter setelah melakukan optimasi

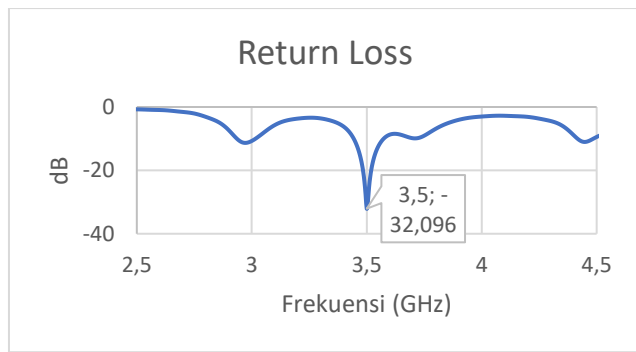


GAMBAR 5 Desain awal antena mikrostrip *patch circular ring*

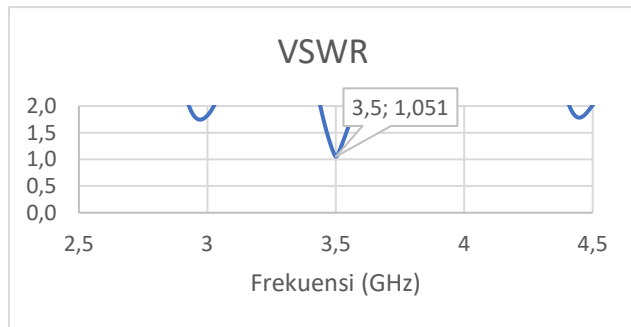
TABEL 1 Parameter dimensi antena sebelum dan setelah optimasi

Parameter	Nilai Sebelum Optimasi	Nilai Sesudah Optimasi
Jari – jari luar (R_l)	12,99 mm	32,35 mm
Jari – jari dalam (R_d)	3,89 mm	9,9 mm
Lebar <i>feed</i> (W_f)	3,054 mm	5 mm
Panjang <i>feed</i> (L_f)	3,93 mm	9,9 mm
Tinggi substrat (h)	1,6 mm	1,6 mm
Ketebalan cooper (t)	0,035 mm	0,035 mm
Lebar <i>ground plane</i> (W_g)	39,51 mm	78 mm
Panjang <i>ground plane</i> (L_g)	38,63 mm	78 mm

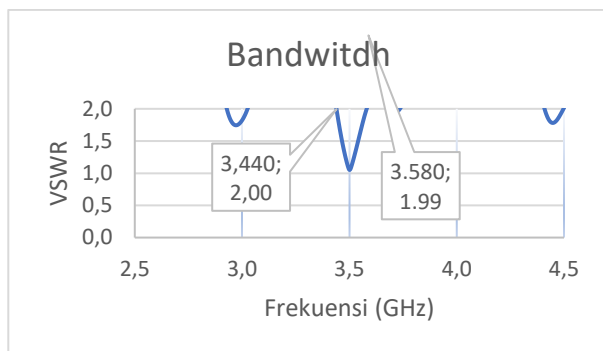
Pada optimasi terjadi perubahan pada ukuran parameter-parameter antena, dengan memperbesar dimensi antena maka nilai yang diperoleh *return loss* dan VSWR maka semakin kecil. Pada perancangan hasil optimasi antena mikrostrip *patch circular ring* dapat dilihat pada Gambar 6.



GAMBAR 6 Hasil *return loss* antenna konvensional



GAMBAR 7 Hasil VSWR antenna konvensional

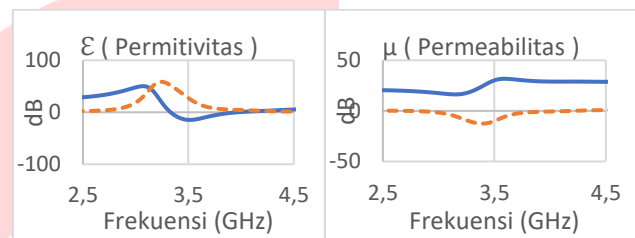
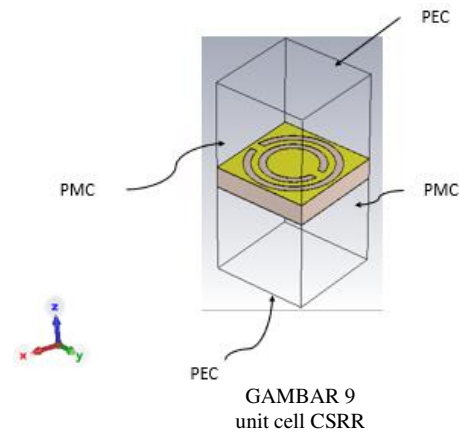


GAMBAR 8 Hasil *bandwidth* antenna konvensional

Pada hasil optimasi perubahan dari lebar *feedline* sangat berpengaruh terhadap nilai *return loss* dan VSWR, jika lebar *feedline* semakin besar maka nilai *return loss* dan VSWR bagus apabila lebar *feedline* semakin kecil nilai yang diperoleh akan sebaliknya. Nilai *return loss* yang didapat setelah optimasi yaitu -32,096 dB dapat dilihat pada Gambar 6 dan nilai VSWR sebesar 1.051 dapat dilihat pada Gambar 7. Besar *bandwidth* bisa diketahui berdasarkan VSWR didapatkan nilai *bandwidth* sebesar 140 MHz yang dapat dilihat pada Gambar 8 Setelah optimasi lakukan nilai *return loss*, VSWR dan *bandwidth* sudah memenuhi spesifikasi yang sudah diinginkan.

D. Perancangan dan Simulasi Unit Cell CSRR

Pada bagian ini membahas hasil perancangan *unit cell* CSRR dan hasil optimasi *unit cell* CSRR agar nilai permitivitas dan permeabilitas salah satunya mendapatkan nilai negatif atau disebut *Single Negative* (SNG).

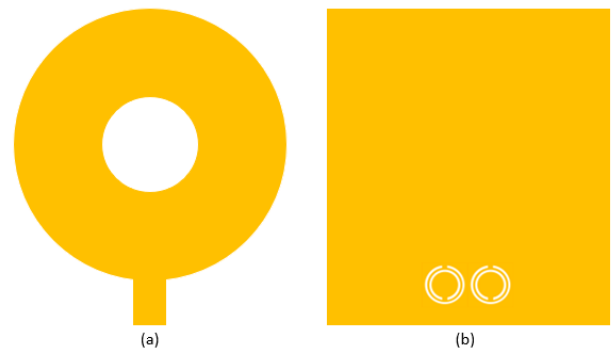


GAMBAR 10 Hasil permitivitas (a) dan permeabilitas (b) unit cell CSRR

Setelah melakukan optimasi pada *unit cell* CSRR maka terlihat hasil dari permitivitas negatif dan permeabilitas positif maka disebut ENG (*Epsilon Negative*) untuk mengetahuinya yaitu nilai real pada Gambar 10. Selanjutnya *unit cell* CSRR (*Complementary Split Ring Resonator*) akan mencatatkan bagian *ground plane* pada desain awal yang sudah dioptimasi pada antenna mikrostrip *patch circular ring*.

E. Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Patch circular ring Dengan Menggunakan CSRR 1x2

Pada percobaan kali ini yaitu menambahkan CSRR 1x2 pada antenna mikrostrip *patch circular ring* dan melakukan perbandingan hasil dengan antenna mikrostrip tanpa CSRR.



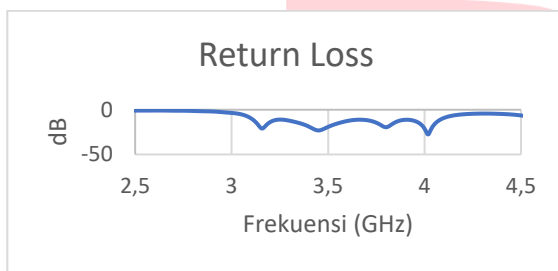
GAMBAR 11 Desain antenna dengan CSRR 1x2 (a) Tampak depan (b) Tampak belakang

TABEL 2 Parameter antenna dengan CSRR 1x2

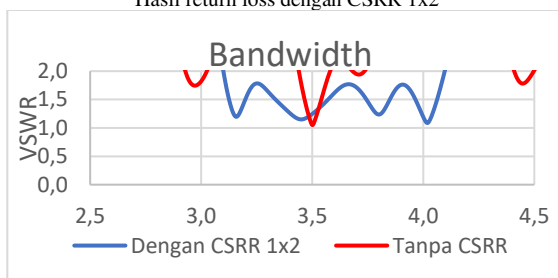
Parameter	Nilai
Jari – jari luar (R_l)	30,2 mm
Jari – jari dalam (R_d)	11,1 mm
Lebar <i>feed</i> (W_f)	5 mm
Panjang <i>feed</i> (L_f)	9,9 mm
Tinggi substrat	1,6 mm
Ketebalan cooper	0,035 mm

Lebar <i>ground plane</i> (W_g)	74 mm
Panjang <i>ground plane</i> (L_g)	74 mm
Letak atau jarak CSRR (R_y)	23 mm

Penambahan CSRR 1x2 ini bertujuan untuk mendapatkan spesifikasi yang diinginkan, desain antenna mikrostrip *patch circular ring* dengan menambahkan CSRR 1x2 dapat dilihat pada Gambar 11 melalui beberapa kali optimasi pada penambahan CSRR 1x2 dapat dilihat pada Tabel 2 dan penambahan CSRR 1x2 pada antenna mikrostrip *patch circular ring* berhasil dan sudah sesuai spesifikasi yang diinginkan yaitu memiliki *bandwidth* yang lebar dan penambahan CSRR 1x2 ini yang akan digunakan pada Tugas Akhir karena bertujuan membuat antenna *bandwidth* lebar.



GAMBAR 12
Hasil return loss dengan CSRR 1x2



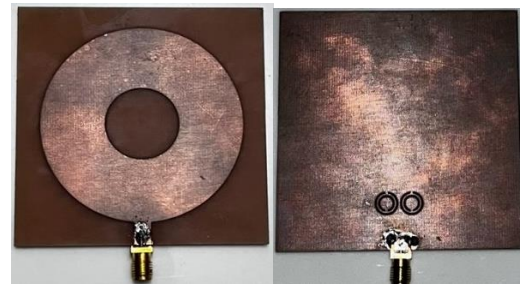
GAMBAR 13
Hasil bandwidth dengan CSRR 1x2

Hasil optimasi pada penambahan CSRR 1x2 *return loss* sebesar -19.205 dapat dilihat pada Gambar 12 dan untuk VSWR yaitu 1.246 sudah sesuai spesifikasi yang diinginkan tetapi mengalami penurunan saat dibandingkan dengan antenna tanpa CSRR pada nilai *return loss* dan VSWR. CSRR 1x2 ini bertujuan untuk peningkatan pada *bandwidth* dimana antenna mikrostrip *patch circular ring* dengan CSRR 1x2 sangat meningkatkan nilai *bandwidth* sebesar 995 MHz dibandingkan antenna tanpa CSRR nilai *bandwidth* hanya 140 MHz dapat dilihat pada Gambar 13.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Antena

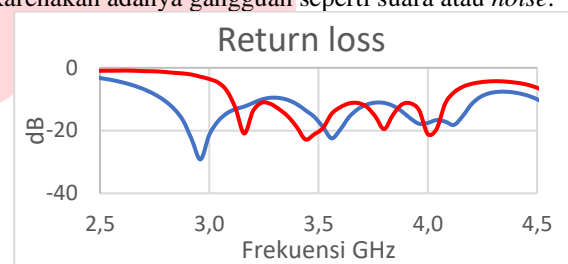
Setelah dilakukan perancangan dan simulasi menggunakan *software* maka selanjutnya dilakukan realisasi antenna. Antena yang direalisasikan yaitu antenna mikrostrip *patch circular ring* dengan CSRR 1x2 pada bagian *ground plane*. Antena mikrostrip *patch circular ring* dengan CSRR 1x2 memiliki dimensi 74 mm x 74 mm dan menggunakan substrat FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm dan *cooper* dengan ketebalan 0,035 mm dapat dilihat pada Gambar 14.



GAMBAR 14
Fabrikasi antenna mikrostrip *patch circular ring* dengan menggunakan CSRR

B. Hasil Pengukuran *Return Loss*

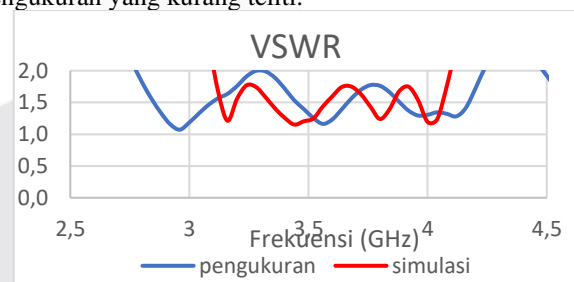
Hasil *return loss* yang diperoleh pada Gambar 15 menunjukkan hasil dari simulasi yaitu -19,205 dB dan untuk hasil dari pengukuran yang didapatkan nilai *return loss* sebesar -17,218 dB pada frekuensi 3,5 GHz. Pada pengukuran menunjukkan adanya penurunan pada *return loss* dikarenakan adanya gangguan seperti suara atau *noise*.



GAMBAR 15
Perbandingan hasil pengukuran dan simulasi *return loss*

C. Hasil Pengukuran VSWR dan *Bandwidth*

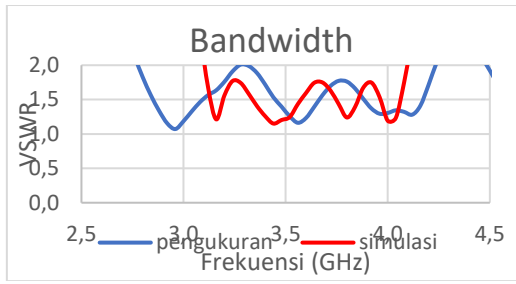
Hasil dari VSWR menggunakan alat ukur yaitu VNA. Hasil yang didapat akan dibandingkan dan dianalisis dapat dilihat pada Gambar 16 terdapat hasil dari simulasi sebesar 1,246 sedangkan hasil dari pengukuran adalah 1,328, menunjukkan hasil yang berbeda karena beberapa faktor yaitu pengukuran yang kurang teliti.



GAMBAR 16
Hasil perbandingan VSWR pengukuran dengan simulasi

Pengukuran pada parameter *bandwidth* menggunakan alat ukur yaitu VNA, hasil dari pengukuran *bandwidth* dan hasil simulasi *bandwidth* akan dibandingkan. Terdapat grafik hasil perbandingan simulasi antenna mikrostrip *patch circular ring* dengan CSRR 1x2 dengan hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 17. Pada pengukuran parameter *return loss*, VSWR dan *bandwidth* menggunakan frekuensi kerja 3,5 GHz terjadi perbedaan hasil simulasi dengan hasil pengukuran yang menggunakan alat yaitu VNA, terjadi perubahan hasil simulasi dengan hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.1 dengan hasil simulasi *return loss* -19,205 dB dengan lebar *bandwidth* 995 MHz dan VSWR 1,246 sedangkan hasil pengukuran *return loss* -17,218 dB

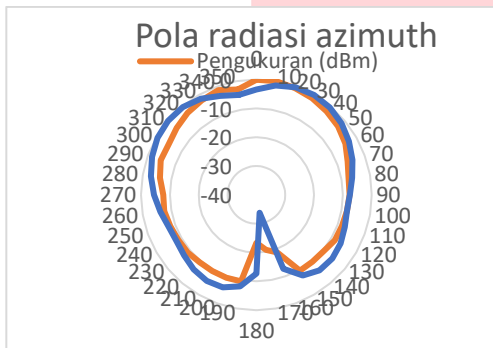
dengan lebar *bandwidth* 880 MHz dan VSWR 1,328 disebabkan karena *noise* pada penelitian ini.



GAMBAR 17 Hasil pengukuran bandwidth pengukuran dengan simulasi

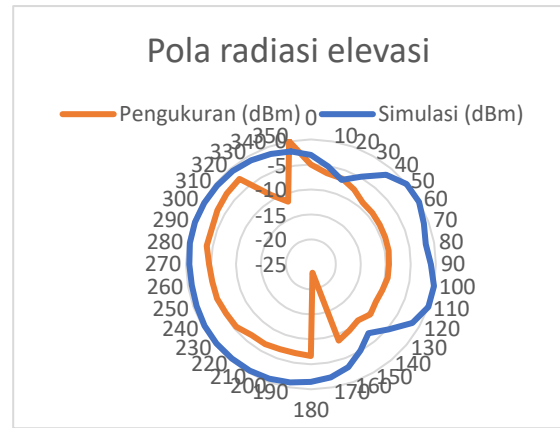
D. Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Dalam proses pengukuran pola radiasi yang sudah didapatkan saat pengukuran, maka hasil dari pengukuran akan dibandingkan dengan hasil dari simulasi dapat dilihat pada Gambar 18 pola radiasi arah azimuth.



GAMBAR 18 Perbandingan pola radiasi azimuth pengukuran dengan simulasi

Gambar 19 adalah pola radiasi arah elevasi saat pengukuran mengalami perbedaan yang tidak signifikan dari hasil simulasi terjadi disebabkan adanya *noise*, hasil pola radiasi yang didapatkan pada arah azimuth dan elevasi yaitu *unidirectional*.



GAMBAR 19 Perbandingan pola radiasi elevasi pengukuran dengan simulasi

V. KESIMPULAN

Simpulan harus diuraikan dalam bentuk paragraf yang berisi poin utama pembahasan hasil penelitian, berupa uraian dan tidak boleh menggunakan pointer

REFERENSI

[1] G. Pevere. "Infrared Nation." The International Journal of Infrared Design, vol. 33, pp. 56-99, Jan. 1979.
 [1] S. Calmer. (1999, June 1). Engineering and Art. (2nd edition). [On-line]. 27(3). Available: www.enggart.com/examples/students.html [May 21, 2003].
 [1] A. Paul. (1987, Oct.). "Electrical properties of flying machines." Flying Machines. [Online]. 38(1), pp. 778-998. Available: www.flyingmachjourn/properties/fly.edu [Dec. 1, 2003].
 [1] M. Duncan. "Engineering Concepts on Ice. Internet: www.iceengg.edu/staff.html, Oct. 25, 2000 [Nov. 29, 2003].