

Peningkatan Efisiensi Antena Frekuensi 3.5 GHz Menggunakan Teknik Metamaterial Pada Struktur *Groundplane*

Nabilah Khairunnisa¹, Efri Sandi², dan Baso Maruddani³

^{1,2,3} Pendidikan Teknik Elektronika, Universitas Negeri Jakarta

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi antena mikrostrip. Peningkatan Efisiensi meliputi dimensi yang tereduksi namun memiliki performansi yang baik (*return loss*, *bandwidth*, VSWR, dan *Gain*) Peneliti menggunakan teknik metamaterial CSRR yang diletakan di struktur ground dengan orientasi sel 4×4 dengan frekuensi kerja 3.5 GHz. Penelitian dilakukan di Laboratorium Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta pada bulan Mei-Agustus 2020. Pengujian antena dengan metamaterial CSRR dilakukan dua tahap yaitu simulasi dan fabrikasi. Kedua antena dibandingkan sebagai usaha untuk mengukur efektifitas antena. Simulasi menggunakan *software* CST *Microwave Studio* 2014 dan antena telah difabrikasi dan diukur menggunakan *Network Analyzer* Anritsu tipe S223E. Antena mikrostrip frekuensi 3.5Ghz dengan CSRR dengan substrat FR-4 berhasil diuji dan memiliki performa yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Antena mikrostrip dengan metamaterial pada ground ini menunjukkan peningkatan efisisensi. Antena ini jauh lebih memiliki efisiensi yang bagus dibanding dengan antena metamaterial dengan struktur CSRR pada patch. Antena ini berdimensi 34×33.5 mm ini berhasil mereduksi antena sebesar 36% dan mengalami peningkatan pada *return loss* sebesar 38%, *bandwidth* sebesar 44%, dan VSWR sebesar 23%.

Kata kata Kunci: Antena Mikrostrip, Metamaterial, CSRR, Konvensional, CST 2014, *Return Loss*, *Bandwidth*, VSWR, *Gain*, FR-4, Dimensi, Performanis, Efisiensi.

Abstract. *Goals of this research are to increase the efficiency of the microstrip antenna. Increased efficiency includes reduced dimensions but has good performance (return loss, bandwidth, VSWR, and Gain). This research used the CSRR metamaterial technique in a ground structure with 4×4 cell orientation with a working frequency of 3.5 GHz. The research was carried out in the Laboratory of the engineering faculty of Telecommunications Engineering of rthe State University of Jakarta in May- August 2020. Testing the antenna with the CSRR metamaterial wich was done in two stages: simulation and fabrication. The two antennas are compared in an attempt to measure the effectiveness of the antenna. The simulation uses CST Microwave Studio 2014 software and the antenna has been fabricated and measured using the Anritsu S223E Network Analyzer. The 3.5Ghz microstrip antenna with CSRR with FR-4 substrate was successfully tested and has performance according to predetermined standards. Microstrip antenna with metamaterial on this ground showed an increase in efficiency. This antenna is much more efficient than the metamaterial antenna with the CSRR structure on the patch. This antenna with dimensions of 34×33.5 mm succeeded in reducing the antenna by 36% and experiencing an increase in return loss by 38%, bandwidth by 44%, and VSWR by 23%.*

Keyword: *Microstrip Antenna, Metamaterial, CSRR, Conventional, CST 2014, Return Loss, Bandwidth, VSWR, Gain, FR-4, Dimensions, Performance, Efficiency.*

*Corresponding author: jakapangestu97@gmail.com

1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi telekomunikasi nirkabel yang pesat, terutama dengan rencana peluncuran jaringan 5G pada frekuensi 3.5, 26, atau 28 GHz, mendorong kebutuhan akan antena yang lebih kecil, hemat daya, dan memiliki performa tinggi. Antena Mikrostrip merupakan pilihan yang ideal karena bentuknya kompak dan mudah dalam pembuatan.

Untuk meningkatkan efisiensi antena Mikrostrip, diperlukan performa tinggi dengan dimensi yang lebih kecil. Karakteristik performansi antena meliputi return loss < -9.54 , VSWR < 1.5 , bandwidth ± 100 MHz, dan gain > 2 . Metamaterial adalah salah satu teknik yang digunakan untuk mencapai dimensi yang lebih kecil dan performa yang lebih baik dalam antena Mikrostrip.

Metamaterial adalah bahan terstruktur yang memanipulasi cahaya, suara, dan fenomena fisik lainnya. Salah satu struktur metamaterial yang umum digunakan adalah CSRR (Complementary Split Ring Resonator) untuk mengurangi dimensi antena dan meningkatkan performa. Teknik metamaterial lain seperti DSRR, ESRR, TSR, dan SSHSS juga digunakan untuk berbagai aplikasi antena.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan CSRR pada patch antena array menghasilkan reduksi dimensi antena dan performa yang baik. Dalam penelitian ini, peneliti akan menambahkan CSRR pada struktur groundplane dengan harapan dapat mereduksi dimensi antena dengan maksimal dan meningkatkan efisiensi antena.

1.1 Peningkatan Efisiensi

Menurut The Liang Gie dan Miftah Thoha (1978:8-9) dalam Drs Ibnu Syamsi (2004:4) efisiensi adalah perbandingan terbaik antara suatu hasil dengan usahannya, perbandingan ini dapat dilihat dari dua segi berikut ini :

- a. Hasil
Suatu kegiatan dapat disebut efisien, jika suatu usaha memberikan hasil yang maksimum. Maksimum dari jenis mutu atau jumlah satuan hasil itu.
- b. Usaha
Usaha kegiatan dapat dikatakan efisien, jika suatu hasil tertentu tercapai dengan usaha yang minimum, mencakup lima unsur: pikiran, tenaga, jasmani, waktu, ruang, dan benda (termasuk uang). Dari pemaparan para ahli di atas dapat diketahui bahwa efisiensi adalah suatu kondisi dimana perbandingan yang paling baik dan ideal antara input dan output yang dihasilkan oleh suatu sistem. Input yang dijadikan aspek tolak ukur berupa pikiran, jasmani, waktu, ruang, benda, serta biaya. Sedangkan output yang menjadi tolak ukur adalah kualitas dan kuantitas hasil atau produk suatu sistem.

1.2 Antena

Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk bisa memancarkan dan atau menerima gelombang elektromagnetika. Antena sebagai alat pemancar (transmitting antenna) adalah sebuah transduser (pengubah) elektromagnetis, yang digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun di dalam saluran transmisi kabel, menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas, dan sebagai alat penerima (receiving antenna) mengubah gelombang ruang bebas menjadi gelombang tertuntun.

Fungsi antena adalah untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya (pelepasan energi elektromagnetik ke udara/ruang bebas). Dan sebaliknya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik (penerima energi elektromagnetik dari ruang bebas) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Pada radar atau sistem komunikasi satelit, sering dijumpai sebuah antena yang melakukan kedua fungsi (peradiasi dan penerima) sekaligus.

1.3 Parameter-parameter Antena

Pada antena, beberapa hal yang harus dipahami dan diperhatikan untuk mendapatkan performa antena yang baik. Parameter tersebut antara lain adalah pola radiasi, *gain*, impedansi masukan, *VSWR* (*voltage standing wave ratio*), dan *bandwidth*.

Pola radiasi (*radiation pattern*) suatu antena adalah pernyataan grafis yang menggambarkan sifat radiasi suatu antena pada medan jauh sebagai fungsi arah. Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (*field pattern*) apabila yang digambarkan adalah kuat medan dan disebut pola daya (*power pattern*) apabila yang digambarkan *poynting vektor*. Untuk dapat menggambarkan pola radiasi ini, terlebih dahulu harus ditemukan potensial

Directive gain merupakan perbandingan dari intensitas radiasi pada suatu arah tertentu dengan intensitas radiasi rata-rata. Ketika antena digunakan pada suatu sistem, biasanya lebih tertarik pada bagaimana efisien suatu antena untuk memindahkan daya yang terdapat pada terminal input menjadi daya radiasi.

Impedansi input suatu antena adalah impedansi pada terminalnya. Impedansi input akan dipengaruhi oleh antena-antena lain atau obyek-obyek yang dekat dengannya. Untuk mempermudah dalam pembahasan diasumsikan antena terisolasi.

Rasio gelombang tegangan berdiri (Voltage Standing Wave Ratiol VSWR) Dalam aplikasinya sebuah antena sering dianggap telah memiliki kinerja refleksi yang bagus jika $VSWR < 1,92$.

Bandwidth sebuah antena didefinisikan sebagai interval frekuensi, di dalamnya antena bekerja sesuai dengan yang ditetapkan oleh spesifikasi yang diberikan. Spesifikasi tersebut meliputi: diagram radiasi, tinggi dari *side lobe*, *gain*, polarisasi, impedansi masukan/faktor refleksi seperti yang telah diterangkan pada bagian sebelumnya.

1.4 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950, dan perkembangan terhadap teknologi ini mulai serius dilakukan pada tahun 1970. Melalui beberapa dekade penelitiannya, diketahui bahwa kemampuan beroperasi antena mikrostrip diatur terutama oleh bentuk geometri dari elemen peradiasi (*patch*) dan karakteristik material substrat yang digunakan. Oleh karena itu dimungkinkan dengan manipulasi yang tepat terhadap substrat, seperti penggunaan struktur EBG (*Electronic Band Gap*), akan memperbaiki karakteristik antena mikrostrip.

Antena mikrostrip dapat diartikan sebagai sebuah struktur yang memiliki *patch* konduktif yang tercetak di atas substrat *microwave* yang memiliki ground tercetak di bawahnya. Teknologi antena mikrostrip berkembang karena keuntungan-keuntungan yang dimiliki khususnya strukturnya yang *low profile*. Strukturnya kompak dan menarik yang ringan, volume yang kecil dan konfigurasi yang tipis. Jenis antena ini dapat disesuaikan ke bentuk permukaan mnpun. Hal ini membuat antena mikrostrip cocok digunakan untuk aplikasi nirkabel dikarenakan kemampuannya dipasang ke tubuh dari perangkat apapun tanpa mengorbankan nilai estetikanya.

2 METODOLOGI

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Telekomunikasi Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta, pada bulan Mei sampai Agustus 2020.

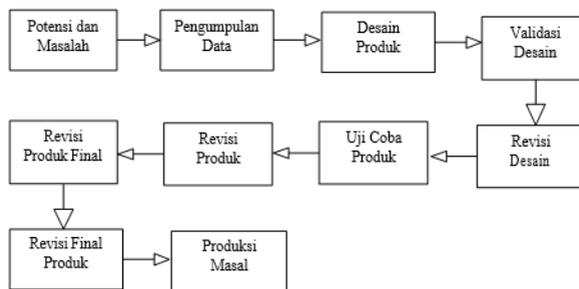
2.2 Metode Penelitian dan Pengembangan Produk

2.2.1 Tujuan Penelitian dan Pengembangan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi antena mikrostrip dengan teknik metamaterial. Proses diawali dengan perancangan secara matematis, melakukan pemodelan dan simulasi pada *software* CST *microwave studio*, dan melakukan pengujian dengan mengukur kinerja antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz dengan kriteria *bandwidth* ± 100 MHz, $VSWR \leq 1.5$, dan *return loss* ≤ -9.54 dB.

2.2.2 Metode Penelitian dan Pengembangan

Metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Penelitian R&D bertujuan untuk menemukan, mengembangkan dan memvalidasi satu produk, dengan demikian penelitian R&D bersifat longitudinal. Prosedur dalam penelitian dan pengembangan dapat dilihat pada Gambar 2 (Sugiyono, 2006: 333 & 335).



Gambar 2. Metode research and development (R&D)

2.3 Prosedur Pengembangan dan Penelitian

2.3.1 Penelitian dan Pengumpulan Data

Berdasarkan studi literatur buku jurnal maupun berbagai sumber yang lainnya membuktikan bahwa dengan teknik metamaterial dapat meminiaturisasi dimensi antena dan dengan performa antena yang sama baiknya dengan antena konvensional biasa bahkan lebih baik. Sehingga efisiensi antena dapat meningkat.

Perancangan struktur ini mengacu pada penelitian yang diusulkan oleh Rizqiana Putri dengan judul "*Pengembangan Antena Mikrostrip Menggunakan Metamaterial CSRR Untuk Mereduksi Dimensi Antena*", dan beberapa jurnal lainnya. Penelitian ini melakukan beberapa modifikasi dengan bentuk patch berbentuk segitiga, dan dengan peletakan struktur CSRR pada *ground*.

Antena akan dirancang dengan dua bentuk berbeda yaitu antena konvensional biasa dengan antena yang ditambahkan struktur metamaterial CSRR dan disimulasikan menggunakan CST *Microwave Studio*. Setelah fabrikasi akan dilakukan analisis perbandingan performansi antena antara hasil simulasi CST *Microwave Studio* dengan hasil pengukuran sesungguhnya dengan *Network Analyzer*.

2.3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini menggunakan metode observasi langsung yang diawali dengan pencarian informasi dari beberapa literatur, perhitungan perancangan, pemodelan dan simulasi dengan CST *Microwave Studio* dan tahap pengujian dengan alat ukur *Network Analyzer*.

Data yang di dapat kemudian diolah sehingga mencapai hasil yang diharapkan. Hasil penelitian yang disajikan yaitu data primer yang didapatkan secara langsung dari hasil perhitungan perancangan, yaitu hasil simulasi antena dan hasil pengukuran. Dan data sekunder yang didapatkan secara tidak langsung dari beberapa literatur berupa buku, jurnal dan sebagainya.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian dan Pengembangan

Hasil penelitian berupa dua buah antena, yaitu antena mikrostrip konvensional dan antena mikrostrip dengan tambahan CSRR. Kedua antena ini diuji pada tahap simulasi dengan CST 2014 dan pengukuran dengan *network analyzer*.

3.2 Analisis Perbandingan Konvensional dan CSRR

Perhitungan keberhasilan reduksi antena dengan CSRR dan peningkatan performansi (*Bandwidth*, *Return Loss*, *VSWR*, *Gain*) antena dengan CSRR dapat dihitung menggunakan kalkulasi.

Perbedaan terlihat dari perbandingan hasil performansi kedua antena. Antena dengan CSRR dapat dikatakan lebih unggul daripada antena konvensional karena memiliki performansi yang lebih baik, seperti peningkatan *bandwidth* sebesar 68.18% (S) dan 44.81% (P) daripada antena konvensional. Selain itu, *return loss* antena dengan CSRR lebih tajam 57.93% (S) dan 38.01% (P) dengan arti semakin minim gelombang yang dipantulkan daripada antena konvensional. *VSWR* semakin mendekati angka ideal yaitu 1 lebih baik 25.54% (S) dan 23.87% (P) daripada antena konvensional. Berbeda dengan hasil *gain* pada simulasi yang mengalami penurunan performa 17%, namun dapat ditoleransi karena nilai *gain* antena masih memenuhi standar yang telah ditentukan. Sehingga dapat disimpulkan, bahwa penambahan struktur CSRR pada antena dapat meningkatkan performansi antena.

Selain performansi, terlihat perubahan yang signifikan pada dimensi antena. Seperti pada data yang disajikan pada tabel 4.12, terlihat bahwa antena dengan CSRR dapat mereduksi antena konvensional sebesar 36.2% (S) dan 36.8% (P).

Return Loss dan *VSWR* mengalami peningkatan karena setiap dimensi seperti *patch*, *substrate* dan *ground* serta penambahan CSRR memiliki ukuran yang sesuai atau dapat dikatakan *matching*.

CSRR yang diletakkan di *ground* termasuk teknik memberikan coakan, memberikan pengaruh terhadap *bandwidth*. *Bandwidth* antena dengan CSRR lebih unggul.

Dimensi yang tereduksi memiliki hubungan dengan frekuensi. Dan frekuensi memiliki hubungan dengan L dan C. Nilai L dan C dipengaruhi oleh struktur metamaterial CSRR.

Pada struktur CSRR nilai L diperkecil atau nilai L diperbesar, maka frekuensi resonansi akan bergeser ke kiri (berkurang) dari titik tengah. Sehingga dilakukan iterasi untuk mengembalikan frekuensi ke titik tengah dengan cara pengurangan dimensi. Sehingga antena menjadi tereduksi.

Gain dipengaruhi oleh luas antena, karena dimensi antena tereduksi karena penambahan CSRR sehingga luas antena semakin minim dan menyebabkan penurunan *gain*.

2.3 Analisis Perbandingan Simulasi dan Pengukuran

Error rate atau kesenjangan yang terjadi antara simulasi dan fabrikasi. Kesenjangan tersebut dapat ditentukan dalam bentuk persentase tersebut.

Pengukuran ini tidak termasuk dengan mengukur gain, hanya mengukur parameter internal antenna. Hasil pada simulasi sebahai tolak ukur, karena pada simulasi mengabaikan rugi-rugi seperti rugi konduktor, kabel, radiasi lingkungan, dan lain sebagainya. Sedangkan pengukuran mengalami rugi-rugi seperti yang disebutkan, sehingga hasil simulasi dan hasil pengukuran mengalami kesenjangan.

Kesenjangan pada hasil simulasi dan pengukuran juga dipengaruhi oleh dimensi antenna, karena dimensi antenna dalam skala milimeter maka dalam proses fabrikasi antenna ukuran sulit untuk akurat, sedangkan dimensi antenna sangat mempengaruhi pergeseran frekuensi yang akhirnya menjadi kesenjangan.

Kesenjangan yang terjadi masih bisa ditoleransi karena masih dalam range spesifikasi yang diinginkan, walaupun antara simulasi dan pengukuran memiliki kesenjangan, hasil perbandingan Antena Konvensional dan Antena dengan CSRR tetap mengalami peningkatan performa. Sehingga hasil membuktikan bahwa penambahan struktur CSRR pada *groundplane* memiliki pengaruh positif untuk meningkatkan efisiensi antenna meliputi reduksi dimensi dan peningkatan performansi antenna.

4 Kesimpulan

Penambahan metamaterial CSRR pada bidang pentanahan (*ground*) memiliki pengaruh yang sangat positif. Pada penelitian ini dibuktikan bahwa efektifitas antenna mikrostrip dengan CSRR memiliki tingkat kemampuan mereduksi dimensi sebesar 36% dengan performansi antenna yang baik meliputi, kenaikan *return loss* sebesar 57.93%, kenaikan *bandwidth* 68.18%, kenaikan VSWR 25.54%. Meskipun mengalami penurunan *gain* sebesar 17% namun antenna dengan CSRR masih memenuhi kriteria yang sudah ditentukan. Antenna mikrostrip dengan CSRR memiliki performa yang sesuai dengan karakteristik 5G. Performa tersebut terdiri dari nilai *return loss* sebesar - 37.8 dB, VSWR 1.02, *bandwidth* 440 MHz, dan *gain* 2.12 dB yang bekerja pada frekuensi resonansi 3.5 GHz. Dengan penambahan stuktur CSRR walaupun dalam hasil simulasi dan pengukuran terjadi kesenjangan, namun hasil keduanya tetap menunjukkan bahwa antenna dengan struktur CSRR pada *groundplane* meningkatkan performansi antenna dan mereduksi antenna. Sehingga dapat dikatakan bahwa CSRR memberikan dampak peningkatan efisiensi pada antenna.

Referensi

- [1] Afridi. (2015). Microstrip Patch Antenna - Designing at 2.4 Frequency [jurnal].
- [2] *Biological and Chemical Research*, 15, 128-132.
- [3] Alaydrus, M. (2009). *Saluran Transmisi Telekomunikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [4] E, Alaydrus, M. (2011). *Antena Prinsip & Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [5] Ardelina, N., Setijadi, E., & Mukti, P. H. (2014). Perancangan Antena Dual Band Berbasis Metamaterial pada Frekuensi 2.3/3.3 GHz [jurnal]. Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Balanis, C. A. (2005). *Antena Theory Analysis And Design*. Canada: Wiley Interscience.
- [7] Bibiano, D. (2012). *Metamaterial Inspired Improved Antennas and Circuits [thesis]*. Natal, Brazil: Telecommunications, Telecom Paristech.
- [8] Garg, R. (2000). *Microstrip Antenna Design Handbook*. Boston: Artech House.
- [9] Johnson, R. C. (1976). *Antenna Engineering Handbook* (3th ed.). Atlanta, Georgia: McGraw-Hill.
- [10] Kraus, J. D. (1997). *Antennas* (3th ed.). New York: Tata McGraw-Hill Ed.
- [11] Kumar, G., & Ray, K. P. (2003). *Broadband Microstrip Antennas*. Boston: Artech.

- [12] House. Limaye, A. (2006). *Size Reduction of Microstrip Antennas Using Left Handed Materials Realized by Complementary Split-Ring Resonators [skripsi]*. Rochester: Fakultas Teknik, Rochester Institute of Technology.
- [13] Nuansa, G. (2011). *Rancang Bangun Antena Mikrostrip dengan Metamaterial CSRR Pada Frekuensi 2,6-2,7 GHz [skripsi]*. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [14] Poddar, S., Rpy, S., Roy, S., & Hasan Md. T., (2015). *A Dual Triangular Cut Resonator Patch Antennas for WLAN Applications [jurnal]*. *Banglalink Digital Communication Ltd., Dept. of Electrical and Electronic Engineering*.
- [15] Pratama. (2014). *Perancangan dan Optimasi Kinerja Antena Planar Ultra Wideband Berbasis Metamaterial Menggunakan Substrat FR-4 [skripsi]*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [16] Punit, N. (2004). *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for Use in Wireless/Cellular Devices [thesis]*. Amerika Serikat: Fakultas Teknik, Florida University.
- [17] Rajput. (2014). *Enhancement Bandwidth & Gain of Hexagonal Patch Antenna at 1.8 GHz. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) [Jurnal], 3, 2100-2105*.
- [18] Putri, P (2017) . *Pengembangan Antena Mikrostrip Menggunakan Metamaterial CSRR Untuk Mereduksi Dimensi Antena*. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- [19] Sabrina, N. (2014). *Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Inset-Fed pada Frekuensi 2.4 GHz untuk Aplikasi Wifi [jurnal]*. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [20] Saputro, N. A. (2013). *Rancang Bangun Antena Mikrostrip Susun Dua Elemen dengan Penambahan Struktur Left-Handed Metamaterial (LHM) [skripsi]*. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [21] Sugiyono. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [22] Suriyati. (2010). *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasi*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- [23] Singh, G. & Pattnaik, S. S. (2018). *Metamaterial Inspired SSHSS Planar Antenna*. ¹*Dept. of Electronics & Communication Engineering,* ²*Dept. National Institute of Technical Teachers Training and Research*.
- [24] Yudha, R (2016). *Perancangan Mikrostrip BPF Pada frekuensi 3.3 GHz Dengan Menggunakan DGS [skripsi]*. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.
- [25] Zhu, C., et al. (2015). *Electrically Small Metamaterial-Inspired Tri-Band Antenna with Meta-mode [jurnal]*. *Dept. of Electronics and Communication Engineering, KL University*.