

Perancangan dan Realisasi Antena Patch Rectangular Berbasis Metamaterial untuk Aplikasi 5G

1st Dicco Febryand
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

diccofebryand@student.telkomuniversit
y.ac.id

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

levyolivia@telkomuniversity.co.id

3rd Bambang Setia Nugroho
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

bambangsetianugroho@telkomuniv
ersity.ac.id

Abstrak—Perkembangan teknologi telekomunikasi semakin pesat setiap tahunnya, kebutuhan informasi menjadi lebih jauh besar, teknologi 5G hadir sebagai generasi kelima setelah 4G. Antena mikrostrip merupakan komponen untuk mendukung teknologi 5G. namun dimensi yang diperlukan lebih kecil sehingga digunakan struktur metamaterial untuk mengurangi dimensi antena 5G sehingga pada tugas akhir ini berfokus pada penambahan struktur metamaterial pada patch antena mikrostrip. Tugas akhir ini merancang antena mikrostrip patch rectangular berbasis metamaterial yaitu menggunakan struktur dan desain phi-shaped pada patch antena dan bekerja pada frekuensi 3,5 GHz. Substrat yang digunakan yaitu FR-4 dengan konstanta dielektrik 4,3 dan ketebalan substrat 1,6 mm. Pengujian dilakukan pada antena patch material 4 x 4 pada frekuensi 3,5 GHz dengan ukuran dimensi 59,74 x 80,92 mm². Berdasarkan hasil realisasi antena menunjukkan peningkatan bandwidth menjadi 138 MHz. Nilai return loss sebesar -22,71 dB, VSWR 1,16, gain 2,948 dBi dengan pola radiasi unidireksional.

Kata kunci—Kata kunci: teknologi 5G, antena mikrostrip, metamaterial

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang semakin pesat setiap tahunnya, kebutuhan informasi menjadi lebih jauh besar. Teknologi telekomunikasi menghadirkan teknologi 5G sebagai generasi kelima setelah 4G. Efektivitas dan efisiensi teknologi sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan teknologi. Teknologi 5G dapat memenuhi kebutuhan dengan kecepatan data yang jauh lebih tinggi. Untuk mendukung mengimplementasikan teknologi 5G diperlukan suatu komponen yaitu salah satu antena. Antena merupakan perangkat sistem telekomunikasi nirkabel yang digunakan untuk memancarkan dan menerima gelombang radio. Salah satu antena yang baik digunakan untuk teknologi 5G adalah antena mikrostrip.

Antena mikrostrip digunakan karena memiliki karakteristik fisik yang kecil, ringan dan ekonomis, sesuai dengan kebutuhan antena 5G. Namun dimensi yang diperlukan lebih kecil dari antena mikrostrip. Antena mikrostrip juga memiliki *bandwidth* dan *gain* yang kecil sehingga digunakan metamaterial untuk mengurangi dimensi serta peningkatan *bandwidth* dan *gain*.

Perancangan dan realisasi antena mikrostrip pada penelitian sebelumnya telah dilakukan yaitu dengan bahan substrat FR-4 dan memiliki dimensi antena 27,6x30,8mm² untuk keperluan antena *ultrawide – bandwidth* menggunakan

patch berbasis metamaterial [1-2]. Pada penelitian [3-4], struktur metamaterial dapat meningkatkan kinerja *gain* pada antena mikrostrip serta dapat memperlebar *bandwidth*. Penambahan metamaterial pada *ground plane* dapat meningkatkan *gain* dan *bandwidth* dengan signifikan [5]. Pada penelitian kali ini antena mikrostrip *patch rectangular* berbasis metamaterial dirancang untuk meningkatkan kinerja antena yaitu untuk meningkatkan *gain* untuk aplikasi 5G pada frekuensi kerja 3,5 GHz. Substrat yang digunakan yaitu FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm dan permitivitas sebesar 4,3 kajian teori

II. KAJIAN TEORI

A. Teknologi 5G

Teknologi *fifth generation* 5G merupakan teknologi terbaru dari jaringan nirkabel yang telah mengalami banyak perkembangan dari generasi sebelumnya yaitu 4G. teknologi 5G telah banyak mempengaruhi beberapa teknologi lain nya seperti teknologi RF, *internet of things*, dan antena untuk teknologi 5G. Kelebihan dari teknologi 5G adalah memiliki kecepatan data yang lebih tinggi, *latency* rendah dan *bandwidth* yang lebar. Dengan ada kebutuhan yang beragam dalam penggunaan 5G, dibagi menjadi beberapa spektrum yaitu lebih dari 6 GHz, 2 – 6 GHz, dan kurang dari 2 GHz. Spektrum frekuensi sangat penting pada 5G dalam hal cakupan luas area dan kapasitas [6-7].

Pada penelitian Tugas Akhir ini spektrum frekuensi yang digunakan adalah 3,5 GHz sesuai dengan rencana pemerintah yang merujuk pada rekomendasi *World Radio communication Conferences* (WRC). Frekuensi 3,5 GHz sangat baik digunakan saat uji coba teknologi 5G, karena pada frekuensi tersebut gelombang elektromagnetik mengalami sedikit redaman. Serta memiliki kelebihan seperti cakupan area menengah dan kapasitas yang banyak [10].

B. Antena Mikrostrip

Antena yang cocok untuk mendukung mengimplementasikan teknologi 5G karena memiliki dimensi yang kecil, ringan, dan mudah difabrikasi adalah Antena mikrostrip, namun terdapat beberapa kelemahannya yaitu *gain* kecil, *bandwidth* sempit, dan efisiensinya rendah.

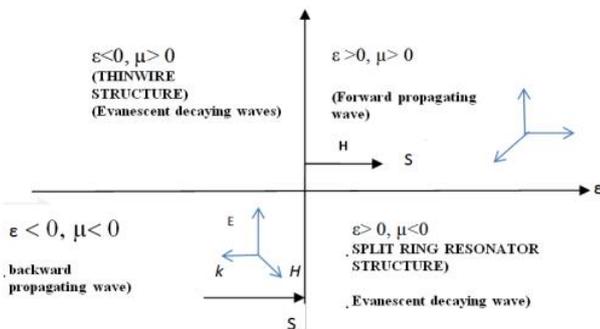
Elemen peradiasi (*patch*) adalah suatu lempeng konduktor yang tipis berfungsi guna meradiasi gelombang elektromagnetik. Elemen substrat (*substrate*) merupakan suatu bahan dielektrik sebagai pembatas *patch* dan *ground*

plane. Sedangkan ground plane merupakan ground dari antenna mikrostrip yang berfungsi sebagai reflektor.

C. Metamaterial

Metamaterial merupakan media/bahan yang dirancang (artifisial) untuk memiliki karakteristik permeabilitas dan/atau permitivitas negatif. Permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) adalah dua parameter yang digunakan untuk mengarakterisasi properti listrik dan magnetik dari material yang berinteraksi dengan medan-medan elektromagnetik. Permitivitas adalah ukuran seberapa besar perubahan sebuah medium untuk menyerap energi listrik ketika dipaparkan ke sebuah medan listrik. Permitivitas merupakan perbandingan antara perpindahan listrik oleh medium (D) dengan kuat medan listrik (E). Yang dikatakan sebagai konstanta dielektrik adalah perbandingan antara permitivitas sebuah material terhadap permitivitas ruang bebas ($\epsilon_0=8,85 \times 10^{-12}F/m$), yang disebut juga permitivitas relatif. Permeabilitas adalah konstanta kesebandingan yang ada antara induksi magnetik dan intensitas medan magnet. Permeabilitas ruang bebas (μ_0) adalah sekitar $1,257 \times 10^{-6}H/m$.

Ada 4 kemungkinan dari kombinasi nilai tersebut yaitu (+,+), (+,-),(-,+) dan (-,-) seperti yang di ilustrasikan pada gambar 2. Tiga kombinasi pertama dikenal sebagai material konvensional, sedangkan kombinasi terakhir (-,-) dikenal dengan material *Left-Handed* (LH) [9]. Umumnya material konvensional memiliki indeks bias lebih besar dari nol. Namun, metamaterial yang permitivitas dan permibilitasnya negatif memiliki indeks bias negatif seperti yang diprediksikan oleh Veselago.



GAMBAR 1. KLASIFIKASI METAMATERIAL.

III. METODE

A. Spesifikasi Antena

Antena yang akan dirancang pada Tugas Akhir ini adalah antenna mikrostrip *patch rectangular*. Antena yang berkerja menerima dan memancarkan gelombang elektromagnetik pada frekuensi 3,5 GHz. Antena mikrostrip yang dirancang harus memiliki *VSWR* dibawah 2. Setelah dirancang antenna mikrostrip tersebut, lalu *patch* akan ditambahkan struktur metamaterial dengan desain *phi-shaped*. Perancangan dan simulasi ini dilakukan dengan aplikasi *software* elektromagnetik berbasis 3D. Spesifikasi antenna mikrostrip yang akan dirancang pada tugas akhir ini dapat dilihat di Tabel 1.

TABEL 1. SPESIFIKASI ANTENA.

Spesifikasi	Nilai
Frekuensi kerja	3,5 GHz
Bandwidth	≥ 100 MHz
Impedansi	50Ω
VSWR	≤ 2
Return loss	≤ -10 dB
Gain	3 dB
Pola radiasi	<i>unidirectional</i>

Antena mikrostrip *patch rectangular* berbasis metamaterial menggunakan substrat FR-4. Karakteristik dari substrat pada perancangan tugas akhir sebagai berikut:

1. Permitivitas relatif (ϵ_r) : 4.3
2. Permeabilitas relatif (μ_r) : 1
3. Ketebalan substrat (*h*) : 1.6 mm

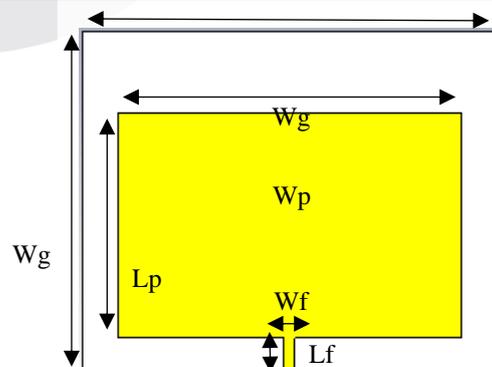
FR4 dipilih karena mudah dalam memproduksikannya, harga yang murah serta memiliki ukuran yang kecil.

B. Perancangan Antena Patch Rectangular

Pada tahap pertama dilakukan desain antenna mikrostrip *patch rectangular* pada frekuensi 3,5 GHz seperti pada gambar berikut ini. Setelah itu dioptimasi sehingga parameter-parameter dapat tercapai. Setelah parameter terpenuhi maka dilanjutkan ke tahap berikutnya.

TABEL 2. PARAMETER ANTENA PATCH RECTANGULAR.

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
Lebar <i>patch</i>	29.826	<i>Wp</i>
Panjang <i>patch</i>	19.597	<i>Lp</i>
Lebar <i>feed</i>	1.004	<i>Wf</i>
Panjang <i>feed</i>	3	<i>Lf</i>
Lebar <i>ground plane</i>	35.926	<i>Wg</i>
Panjang <i>ground plane</i>	29.741	<i>Lg</i>



GAMBAR 2. ANTENA PATCH RECTANGULAR.

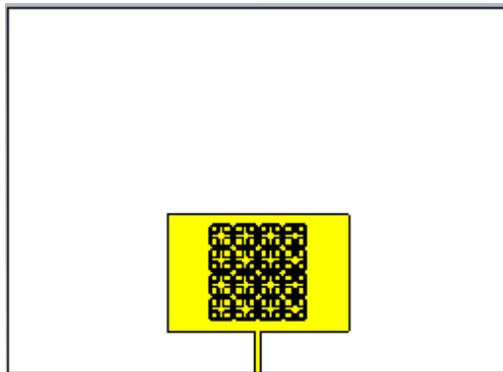
Setelah dilakukannya beberapa optimasi, didapatkan hasil optimasi akhir antenna dengan cara mengubah ukuran dimensi *patch* dan *feedline*. Hasil optimalisasi telah dapat beresonansi pada frekuensi 3,5 Ghz dengan nilai *return loss* sebesar -25,87 dB dan *VSWR* sebesar 1,1. Dari hasil simulasi didapat *gain* sebesar 2,01 dB, pola radiasi yang diperoleh untuk elemen tunggal antenna konvensional yaitu pola radiasi tearah (unidirectional) hal ini disebabkan oleh *ground plane* yang dibuat penuh seluas substrat.

C. Perancangan Antena *Patch* metamaterial

Dalam tugas akhir ini, metamaterial yang digunakan adalah striktur *phi-shaped* yang mengacu pada desain metamaterial yang diusulkan oleh [1] dengan perbedaan frekuensi kerja dari metamaterial dan kegunaan. Pada tugas akhir ini metamaterial beresonansi pada frekuensi 3,5 GHz untuk aplikasi 5G.

TABEL 3. PARAMETER ANTENA *PATCH* METAMATERIAL.

Parameter	Sesudah Optimasi (mm)	Keterangan
Lebar <i>patch</i>	29.4	Wp
Panjang <i>patch</i>	19	Lp
Lebar <i>ground plane</i>	80.926	Wg
Panjang <i>ground plane</i>	59.741	Lg



GAMBAR 3.

PATCH ANTENA MENGGUNAKAN STRUKTUR METAMATERIAL.

Hasil optimasi akhir, dengan menambahkan struktur metamaterial 4 x 4 dan memperbesar dimensi *ground plane* dan merubah ukuran *patch* berpengaruh pada besar *gain* yang didapatkan. Pada Gambar 3. Merupakan rancangan antenna *patch* metamaterial 4 x 4, dan Gambar 4 merupakan ukuran dari dimensi *Unit cell* metamaterial. Pada hasil optimasi akhir ini diperoleh nilai *gain* yang yaitu sebesar 3,005 dB. untuk nilai *return loss* dan *VSWR* pada optimasi ini yaitu, besar *return loss* yaitu -29,7 dB, *bandwidth* sebesar 113,3 MHz dan nilai *VSWR* yaitu 1,06.

TABEL 4. PERBANDINGAN SPESIFIKASI ANTENA *PATCH* RECTANGULAR DAN ANTENA *PATCH* METAMATERIAL

Spesifikasi	Antena <i>Patch</i> Rectangular	Antena Metamaterial 4 x 4 <i>Ground Plane</i> Optimasi
<i>Return Loss</i> (dB)	-26,87	-29,7
<i>VSWR</i>	1,1	1,06
<i>Gain</i> (dB)	2,01	3,005
<i>Bandwidth</i> (MHz)	184	113,3
Pola radiasi	Unidirectional	Unidirectional

<i>Return Loss</i> (dB)	-26,87	-29,7
<i>VSWR</i>	1,1	1,06
<i>Gain</i> (dB)	2,01	3,005
<i>Bandwidth</i> (MHz)	184	113,3
Pola radiasi	Unidirectional	Unidirectional

Berdasarkan Tabel 4 ditunjukkan bahwa antenna yang ditambahkan dengan metamaterial mendapatkan hasil spesifikasi yang lebih baik dibandingkan antenna *patch rectangular*. Untuk mendapatkan hasil tersebut dilakukan beberapa optimasi pada antenna *patch* metamaterial.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Antena

Realisasi antenna dilakukan setelah proses perancangan dan simulasi pada software CST *Studio Suite* mendapatkan hasil sesuai dengan spesifikasi. Antena yang difabrikasi terbuat dari bahan substrat FR-4. Fabrikasi antenna *patch* metamaterial untuk aplikasi teknologi 5G dapat dilihat pada Gambar .



(a)

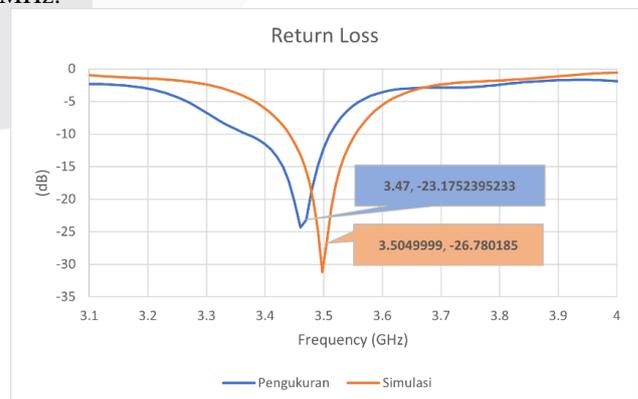
(b)

GAMBAR 4

REALISASI ANTENAM (A) TAMPAK DEPAN (B) AMPAK BELAKANG

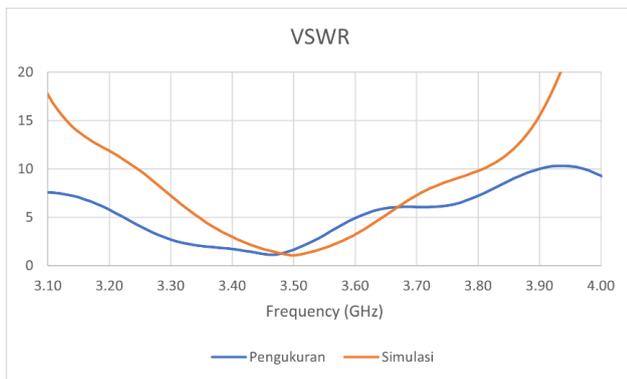
B. Pengukuran *Return Loss* dan *VSWR*

Analisis dilakukan untuk membandingkan hasil dari simulasi dengan pengukuran yang dilakukan. nilai *return loss* pada antenna merupakan perbandingan daya yang dipantulkan Kembali dengan daya yang ditransmisikan. *Bandwidth* adalah daerah frekuensi kerja dari antenna yang di batasi oleh dua frekuensi dengan nilai *return loss* tertentu sesuai dengan fungsi antenna. Pada simulasi, nilai *return loss* adalah -29,7 dB dan *bandwidth* 113,1 MHz. hasil pengukuran VNA mendapatkan nilai *return loss* -22,71 dB dan *bandwidth* 138 MHz.



GAMBAR 5.

PERBANDINGAN *RETURN LOSS* SIMULASI DAN PENGUKURAN.

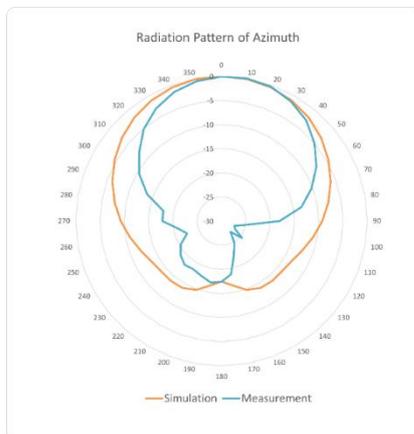


GAMBAR 6.
PERBANDINGAN VSWR SIMULASI DAN PENGUKURAN.

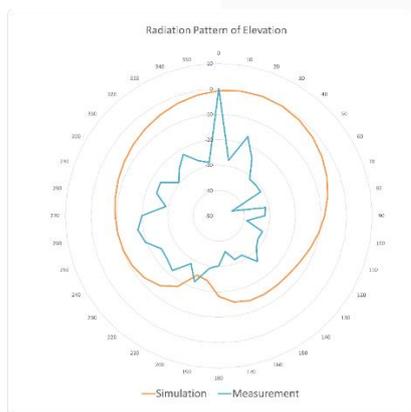
Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 diatas terlihat bahwa hasil pengukuran dan simulasi berbeda.

C. Pengukuran Pola Radiasi

Setelah proses pengukuran pola radiasi selesai dilakukan, hasil pengukuran tersebut kemudian dibandingkan dengan pola radiasi hasil simulasi dengan perbandingan sebagai berikut.



GAMBAR 7.
PERBANDINGAN POLA RADIASI AZIMUT SIMULASI DAN PENGUKURAN.

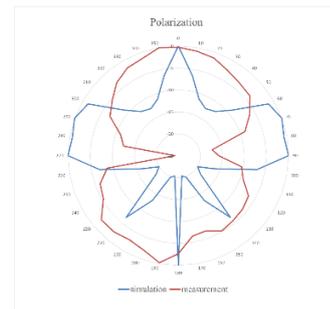


GAMBAR 8.
PERBANDINGAN POLA RADIASI ELEVASI SIMULASI DAN PENGUKURAN.

Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10, terlihat pola radiasi yang didapat merupakan pola radiasi *unidirectional* dan pancaran hanya satu arah saja. Pada pengukuran dan simulasi terdapat perbedaan hasil.

D. Pengukuran Polarisasi

Setelah proses pengukuran pola radiasi selesai dilakukan, hasil pengukuran tersebut kemudian dibandingkan dengan pola radiasi hasil simulasi dengan perbandingan sebagai berikut.



GAMBAR 9.
PERBANDINGAN POLARISASI SIMULASI DAN PENGUKURAN.

Berdasarkan Gambar 4. 7, dapat dilihat hasil simulasi dan hasil pengukuran berbeda. Perbedaan terdapat pada daya terima maksimum yang dihasilkan pada simulasi dengan pengukuran.

E. Pengukuran Gain

Pada pengukuran yang telah dihasilkan akan dibandingkan dengan *gain* yang dihasilkan pada simulasi. Besar nilai *gain* yang terdapat pada hasil pengukuran berbeda dengan nilai *gain* yang terdapat pada hasil simulasi yaitu, 2.948 dBi pada hasil pengukuran, 3,005 dB pada hasil simulasi.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari proses perancangan, simulasi dan realisasi antenna *patch* metamaterial berbahan substrat FR-4, bekerja pada frekuensi 3,5 GHz untuk aplikasi 5G adalah sebagai berikut.

- Antena *patch* metamaterial 4 x 4 pada simulasi dan pengukuran dapat bekerja pada frekuensi 3,5 GHz dan memenuhi spesifikasi
- Penambahan struktur metamaterial pada *patch* dengan beberapa ukuran dapat memperdalam nilai *return loss*, dan penambahan metamaterial dapat memperkecil dimensi *patch* antenna
- Penambahan struktur metamaterial dapat mempengaruhi *gain* antenna yaitu dapat memperkuat *gain*.
- Peningkatan *gain* pada antenna *patch* metamaterial dilakukan optimasi pada ukuran dimensi *ground plane* yaitu memperbesar ukuran *ground plane* secara signifikan.
- Pada hasil pengukuran *bandwidth* yang dihasilkan lebih besar dari pada hasil simulasi.

REFERENSI

- G. K. Pandey, H. S. Singh, P. K. Bharti dan M. K. Meshram, "Metamaterial Based Compact Antenna Design for UWB Applications," *IEEE Region 10 Symposium*, pp. 15-18, 2014.
- H. Xiong, J.-S. Hong, M.-T. Tan and B. Li, "Compact microstrip antenna with metamaterial for wideband applications," *Turkish Journal of*

- Electrical Engineering & Computer Sciences*, pp. 2233-2238, 2013.
- [3] K. Yu, Y. Li and X. Liu, "A High Gain Patch Antenna Using Near Zero-Index," *IEEE*, p. 2175, 2018.
- [4] S. S, "Optimized Metamaterial Loaded Square Fractal Antenna for," *12th International Congress on Artificial Materials for Novel Wave Phenomena*, p. 349, 2018.
- [5] S. Mumtaz, L. O. Nur and B. S. Nugroho, "Antena Metamaterial untuk Teknologi 5G," *e-Proceeding of Engineering*, 2020.
- [6] W. S. H. M. W. Ahmad, N. A. M. Radzi, F. S. Samidi, A. Ismail, F. Abdullah, M. Z. Jamaladin and M. N. Zakaria, "5G Technology: Towards Dynamic Spectrum Sharing Using Cognitive Radio Networks," *IEEE access*, vol. 8, pp. 14460-14488, 2020.
- [7] "Anggie Wijaya," *PERKEMBANGAN TEKNOLOGI 5G*, vol. 10.13140/RG.2.2.20005.52967, pp. 2-5, 2021.
- [8] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, Fourth ed, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2016.
- [9] K. Gangwar, D. Paras and D. R. Gangwar, "Metamaterials: Characteristics, Process and Applications," *Advance in Electronic and Electric Engineering*, vol. 4, pp. 97-106, 2014.
- [10] F. A. Yuda, B. S. Nugroho and L. O. Nur, "PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA METAMATERIAL PATCH SIRKULAR UNTUK TEKNOLOGI 5G DENGAN CSRR PADA FREKUENSI 3,5 GHZ," *e-Proceeding of Engineering*, pp. 11668-11681, 2021.