

# Perancangan Antena Metamaterial Patch Circular Untuk Teknologi 5G Dengan CSRR Pada Frekuensi 3.5 GHz

**Kenita Tri Cahyani<sup>1\*</sup>, Levy Olivia Nur<sup>2</sup>, Harfan Hian Ryanu<sup>3</sup>**

Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

<sup>1\*</sup> [kenitatricahyani@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:kenitatricahyani@student.telkomuniversity.ac.id)

<sup>2</sup> [levyolivia@telkomuniversity.ac.id](mailto:levyolivia@telkomuniversity.ac.id)

<sup>3</sup> [harfanhr@telkomuniversity.ac.id](mailto:harfanhr@telkomuniversity.ac.id)

*Kata Kunci :*

ABSTRAK

*Microstrip Antena  
5G Technology  
CSRR  
Circular Patch  
Metamaterial*

Perkembangan teknologi 5G pada saat ini yang memiliki kecepatan, kapasitas dan latensi yang sudah sangat jauh lebih cepat dalam mengakses data dibanding dengan teknologi 4G. Teknologi 5G memiliki beberapa komponen yang berpengaruh dalam pengaplikasian teknologi 5G, salah satunya yaitu antena. Antena mikrostrip adalah antena yang memiliki bahan sederhana, dimensi antena lebih kecil, hingga biaya produksi lebih murah, terjangkau dan kinerja antena mikrostrip yang cukup baik. Antena mikrostrip memiliki beberapa kekurangan yaitu gain yang rendah dan bandwidth yang tidak lebar. Pada penelitian ini dirancang antena microstrip patch circular menggunakan bahan FR-4 dengan menggunakan konstanta dielektrik relatif 4.4, loss tangent 0.02 dan ketebalan substrat 1.6 mm. Antena mikrostrip yang akan ditambahkan pada bagian groundplane menggunakan struktur metamaterial yaitu Complementary Split-Ring Resonator (CSRR) yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz. Penambahan struktur metamaterial CSRR bertujuan untuk meningkatkan bandwidth antena dan terjadinya miniaturisasi. Hasil simulasi antena mikrostrip tanpa CSRR dapat bekerja pada frekuensi 3.5 GHz memiliki return loss sebesar -15.71 dB, VSWR sebesar 1.39, gain sebesar 2.121 dBi, bandwidth sebesar 120 MHz dan pola radiasi yang dihasilkan unidirectional. Sedangkan antena yang sudah ditambahkan CSRR pada frekuensi 3.5 GHz memiliki return loss sebesar -19.50 dB, VSWR sebesar 1.23, gain sebesar 1.454 dBi, bandwidth 410 MHz, pola radiasi yang dihasilkan bidirectional dan antena mengalami miniaturisasi pada lebar groundplane sebesar 18%. Dengan begitu antena dengan menggunakan metode CSRR dapat meningkatkan bandwidth dan miniaturisasi.

*The development of 5G technology at this time has a much faster speed, capacity and latency in accessing data compared to 4G technology. 5G technology has several components that are influential in the application of 5G technology, one of which is the antenna. Microstrip antennas are antennas that have simple materials, smaller antenna dimensions, so that production costs are cheaper, affordable and the performance of microstrip antennas is quite good. Microstrip antenna has several drawbacks, namely low*

*gain and not wide bandwidth. In this study a circular patch microstrip antenna was designed using FR-4 material using a relative dielectric constant of 4.4, a loss tangent of 0.02 and a substrate thickness of 1.6 mm. The microstrip antenna that will be added to the groundplane section uses a metamaterial structure, namely the Complementary Split-Ring Resonator (CSRR) which operates at a frequency of 3.5 GHz. The addition of the CSRR metamaterial structure aims to increase antenna bandwidth and miniaturization. The simulation results of a microstrip antenna without CSRR can work at a frequency of 3.5 GHz with a return loss of -15.71 dB, a VSWR of 1.39, a gain of 2.121 dBi, a bandwidth of 120 MHz and the resulting radiation pattern is unidirectional. While the antenna that has been added CSRR at a frequency of 3.5 GHz has a return loss of -19.50 dB, a VSWR of 1.23, a gain of 1.454 dBi, a bandwidth of 410 MHz, the resulting radiation pattern is bidirectional and the antenna undergoes miniaturization at a groundplane width of 18%. That way the antenna using the CSRR method can increase bandwidth and miniaturization*

---

## 1. Pendahuluan

Pada jaman ini teknologi semakin lama berkembang sangat pesat. Salah satu teknologi yang sekarang makin terlihat perkembangannya yaitu teknologi telekomunikasi. Setiap manusia memiliki kebutuhan internet yang berkecepatan tinggi karena pada jaman sekarang terdapat banyak fitur-fitur yang mendukung penggunaan kapasitas internet yang cepat. Pada teknologi 5G memiliki Kecepatan unduh 5G saat ini dapat mencapai 1.000 Megabit per detik (Mbps) atau bahkan hingga 2,1 Gbps. Menurut Dirjen Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kemenkominfo) Ismail juga sudah menyampaikan, sebanyak 3 pita frekuensi disiapkan untuk layanan teknologi 5G ke depan di Indonesia, yakni 3,5 GHz, 26 GHz, dan 28 GHz [1].

Antena adalah perangkat dari telekomunikasi yang dapat menerima dan memancarkan gelombang elektromagnetik dalam medium udara. Ada beberapa jenis antena tetapi salah satu antena yang baik digunakan atau yang dapat memenuhi kebutuhan teknologi pada 5G yaitu antena mikrostrip. Antena mikrostrip adalah antena yang memiliki bahan sederhana, dimensi antena lebih kecil, hingga biaya produksi lebih murah, terjangkau dan kinerja antena mikrostrip yang cukup baik. Antena mikrostrip memiliki beberapa kekurangan yaitu *gain* yang rendah dan *bandwidth* yang tidak lebar.

Metamaterial adalah struktur buatan yang dapat didesain sehingga mempunyai sifat yang tidak dimiliki di alam. Ada beberapa kelebihan yang dimiliki dari struktur metamaterial yaitu meningkatkan *gain*, *bandwidth*, *return loss*, dan efisiensi dari bentuk antena. Design metamaterial salah satunya yang sesuai dengan 5G yaitu *Complementary Split-Ring Resonator* (CSRR). Pada penelitian sebelumnya sudah dilakukan *Slot Loaded Square Patch Antenna with CSRR at Ground Plane* [2], *A miniaturization of microstrip antenna using negative permittivity metamaterial based on CSRR loaded ground for WLAN applications* [3], dan Pengaruh *Left-Handed Metamaterial* (LHM) Terhadap *Bandwidth Antena Mikrostrip Patch Triangular* untuk Teknologi 5G [4]. Pada penelitian ini merancang antena mikrostrip dengan *patch circular* kemudian menambahkan struktur metamaterial *Complementary Split-Ring Resonator* (CSRR) untuk teknologi 5G. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan *bandwidth* dan mendapatkan miniaturisasi pada antena sehingga dapat bekerja pada frekuensi 3.5 GHz.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Spesifikasi

Pada spesifikasi penelitian ini yaitu menggunakan insetfeed dan struktur metamaterial Complementary Split-Ring Resonator (CSRR) yang dirancang pada bagian belakang antenna atau groundplane antenna mikrostrip patch circular dengan menggunakan bahan substart FR-4 dengan loss tangent 0.02, konstanta dielektrik relative 4,4 dan ketebalan substrat sebesar 1.6 mm. Kemudian spesifikasi antenna yang diinginkan bisa dilihat pada Tabel 1. sebagai berikut:

**Tabel 1. Spesifikasi Antena**

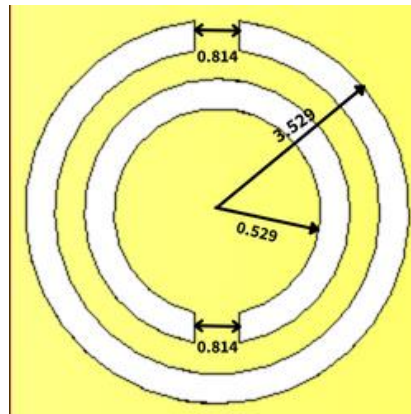
No	Parameter	Spesifikasi
1	Frekuensi kerja	3.5 GHz
2	<i>Bandwidth</i>	$\geq 100$ MHz
3	VSWR	$\leq 2$
4	<i>Gain</i>	$\geq 1$ dBi
5	<i>Return Loss</i>	$< -10$ MHz
6	Pola Radiasi	<i>Bidirectional</i>

### 2.2 Unit Cell Complementary Split-Ring Resonator

Complementary *Split-Ring Resonator* (CSRR) memiliki sebuah karakteristik yaitu permeabilitas atau permitivitas yang bernilai negatif. Pada struktur CSRR dapat meningkatkan gain, bandwidth dan miniaturisasi antenna. CSRR merupakan elemen komplementer dari Split-Ring Resonator (SRR) di mana jika SRR dibangkitkan oleh medan magnetik maka sebaliknya CSRR akan dibangkitka oleh medan listrik yang timbul ketika arus mengalir melalui saluran transmisi (*host line*) yang berada diatasnya [5].

Ada beberapa klasifikasi metamaterial seperti Epsilon Negative (ENG) merupakan permeabilitas positif dan permitivitas negatif ( $\epsilon < 0$  dan  $\mu > 0$ ), *Left-Handed Metamaterial* (LHM) yang memiliki permeabilitas negatif dan permitivitas negatif ( $\epsilon < 0$  dan  $\mu < 0$ ), dan Mu Negative (MNG) yang memiliki nilai permeabilitas negatif dan permitivitas positif ( $\epsilon > 0$  dan  $\mu < 0$ ). Maka dari itu metamaterial biasanya memiliki permitivitas atau permeabilitas negatif.

Pada penelitian kali ini metamaterialnya termasuk ke bagian Epsilon Negative (ENG) permeabilitas positif dan permitivitas negatif ( $\epsilon < 0$  dan  $\mu > 0$ ). Bentuk unit cell CSRR bisa dilihat pada Gambar 1. dibawah ini:



Gambar 1 Unit Cell SSR

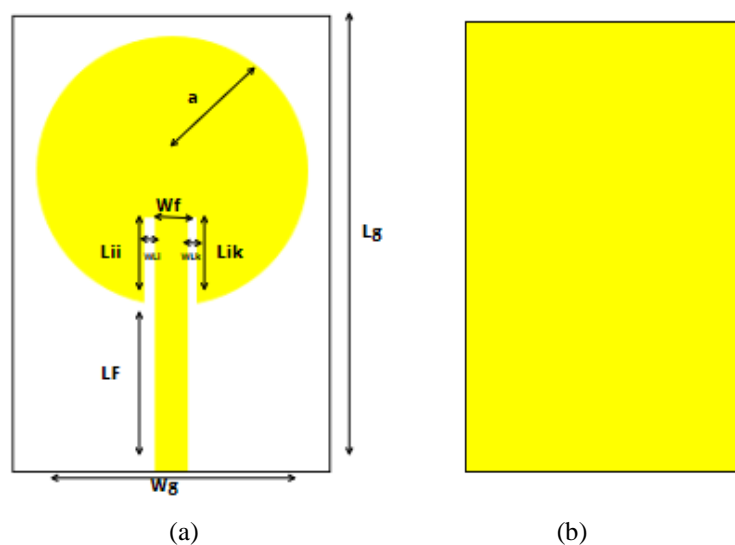
### 2.3 Model Sistem dan Perancangan

Pada penelitian ini dengan awalan studi literatur dengan memahami dan mencari referensi dan topik untuk penelitian. Kemudian langkah selanjutnya yaitu menentukan spesifikasi antenna. Perancangan antenna diawali dengan menghitung dimensi antenna mikrostrip *patch circular*, kemudian setelah hasil perhitungan diketahui maka melakukan perancangan pada aplikasi *software* antenna.

Selanjutnya jika hasil dari simulasi sudah sesuai dengan spesifikasi, maka langkah selanjutnya melakukan perancangan antenna mikrostrip akan di tambahkan struktur metamaterial dengan bentuk *circular Complementary Split-Ring Resonator* (CSRR), jika tidak sesuai maka balik ke langkah sebelumnya yaitu optimasi. Pada optimasi fungsinya untuk mendapatkan hasil yang simulasi yang sesuai. Tahap selanjutnya dilakukan perancangan akan di tambahkan struktur metamaterial dengan bentuk *circular Complementary Split-Ring Resonator* (CSRR) maka dilakukan simulasi dan optimasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

### 2.4 Perancangan Antena Mikrostrip Patch Circular

Pada gambar dibawah ini adalah perancangan antenna mikrostrip dengan metode *insetfeed*, yang bisa dilihat pada Gambar 2. berikut ini:



Gambar 2 – Antena Mikrostrip dengan Metode Insetfeed (a) Tampak depan (b) Tampak Belakang

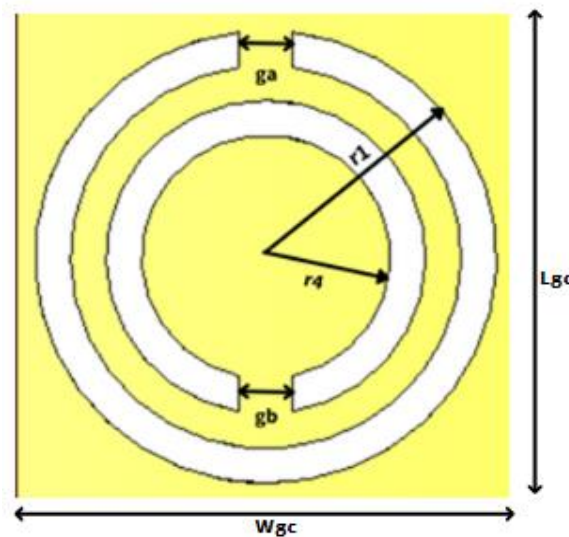
Untuk tabel dibawah ini adalah nilai parameter yang telah dioptimasi seperti pada Tabel 2. berikut:

**Tabel 2. Parameter antena *patch circular***

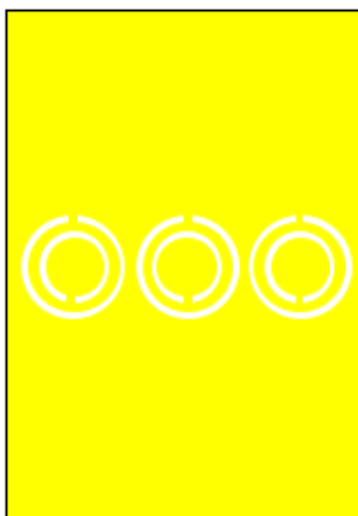
No	Parameter	Value
1	Jari-jari <i>patch</i> ( $a$ )	12.1 mm
2	Lebar <i>feed</i> ( $W_f$ )	3.04 mm
3	Panjang <i>feed</i> ( $L_f$ )	10.67 mm
4	Panjang <i>groundplane</i> ( $L_g$ )	34.63 mm
5	Lebar <i>groundplane</i> ( $W_g$ )	27 mm
6	Tinggi <i>Substrat</i>	1.6 mm
7	Panjang <i>insetfeed</i> ( $L_{li}=L_{lk}$ )	9.1 mm
8	Lebar <i>insetfeed</i> ( $W_{Li}=W_{Lk}$ )	1 mm

## 2.5 Perancangan Antena Dengan CSRR

Dimensi antena CSRR ini diperoleh dari penelitian [3]. Pada penelitian sebelumnya memiliki frekuensi kerja 2.45 GHz, sedangkan pada penelitian ini menggunakan frekuensi 3.5 GHz, maka ada sedikit perubahan. Pada Gambar 3. menunjukkan dimensi antena CSRR. Kemudian untuk bagian *Groundplane* yang telah di tambahkan CSRR bisa dilihat pada Gambar 4. berikut:



**Gambar 3 Dimensi CSRR**



**Gambar 4** *Groundplane CSRR*

Untuk mengetahui parameter dimensi antenna pada Gambar 3. dan Gambar 4. parameter perancangan akhir antenna mikrostrip *patch circular* dengan *Complementary Split-Ring Resonator (CSRR)* yang telah dioptimasi dapat dilihat pada Tabel 3. berikut ini:

Tabel 3. Dimensi Antena Mikrostrip *Patch Circular* dengan CSRR

No	Parameter	Value
1	Jari-jari <i>patch</i> (a)	9.9 mm
2	Lebar <i>feed</i> (Wf)	3.04 mm
3	Panjang <i>feed</i> (Lf)	7 mm
4	Panjang <i>groundplane</i> (Lg)	29 mm
5	Lebar <i>groundplane</i> (Wg)	24 mm
6	Tinggi <i>Substrat</i>	1.6 mm
7	Panjang <i>insetfeed</i> (Lii=Lik)	7.5 mm
8	Lebar <i>insetfeed</i> (WLi=WLk)	1 mm
9	Panjang <i>groundplane CSRR</i> (Lgc)	7.602 mm
10	Lebar <i>groundplane CSRR</i> (Wgc)	7.602 mm
11	Jari-jari CSRR luar (r1)	3.529 mm
12	Jari-jari CSRR dalam (r4)	0.529 mm
13	Gap atas (ga)	0.814 mm

14 Gap bawah (gb)

0.814 mm

### 3. Hasil dan Analisis

Hasil simulasi pada perancangan antenna mikrostrip patch circular tanpa metode CSRR dan dengan antenna mikrostrip patch circular dengan CSRR menghasilkan parameter VSWR, return loss, bandwidth, gain, dan pola radiasi setelah dilakukan optimasi pada antenna. Proses optimasi dilakukan untuk mendapatkan hasil yang paling memenuhi spesifikasi antenna, optimasi dilakukan pada bagian patch, panjang insetfeed, dan groundplane.

#### 3.1 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Patch Circular

Hasil Simulasi antenna mikrostrip patch circular dengan CSRR dapat dilihat sebagai berikut

**Tabel 4 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Patch Circular**

<i>Return loss</i> (dB)	VSWR	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> (dBi)	Pola radiasi
-15.71	1.39	120	2.121	<i>Unidirectional</i>

Berdasarkan Tabel 4. hasil return loss, VSWR, bandwidth dan pola radiasinya berada dalam spesifikasi yang diinginkan. Untuk hasil return loss -15.71 dB, VSWR 1.39, badwidth sebesar 120 MHz, gain 2.121 dBi, dan pola radiasi unidirectional belum memenuhi spesifikasi yang diinginkan

#### 3.2 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Patch Circular dengan CSSR

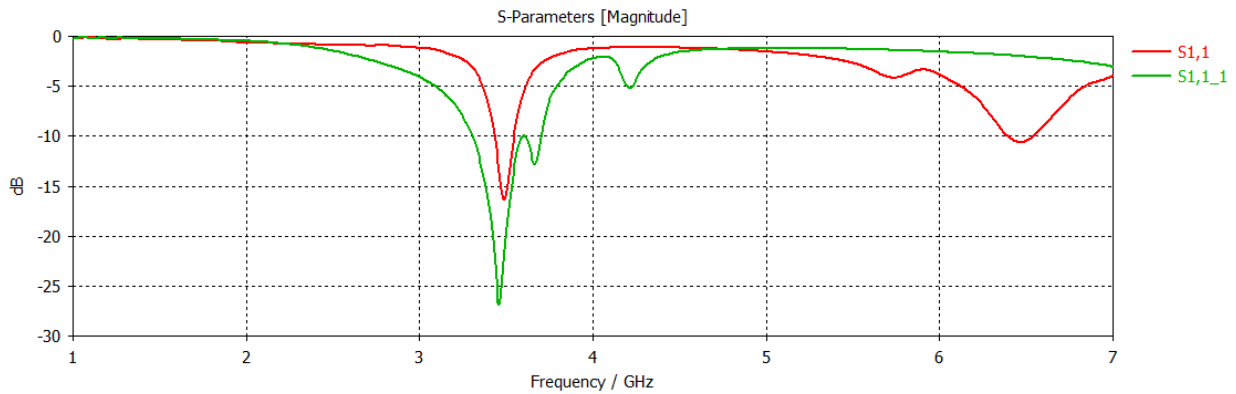
Hasil simulasi antenna mikrostrip patch circular dengan CSRR dapat dilihat pada Tabel 5. berikut:

**Tabel 5 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Patch Circular Dengan CSRR**

<i>Return loss</i> (dB)	VSWR	<i>Bandwidth</i> (MHz)	<i>Gain</i> (dBi)	Pola radiasi
-19.50	1.23	410	1.454	<i>bidirectional</i>

Berdasarkan Tabel 5. hasil return loss, VSWR, bandwidth dan pola radiasinya berada dalam spesifikasi yang diinginkan. Hasil antenna mikrostrip patch circular dengan struktur CSRR didapatkan setelah dilakukannya optimasi pada bagian patch, panjang insetfeed, dan groundplane. Untuk hasil return loss -19.50 dB, VSWR 1.23, badwidth sebesar 410 MHz, gain 1.454 dBi, dan pola radiasi bidirectional.

Untuk mengetahui perbedaan return loss antenna mikrostrip tanpa CSRR dengan antenna mikrostrip dengan CSRR bisa dilihat pada Gambar 5. berikut:



**Gambar 5 Grafik Perbandingan *Return Loss* Antena Tanpa CSRR dengan CSRR**

Pada Gambar 5. menunjukkan grafik yang berwarna merah adalah return loss antena tanpa CSRR dan yang berwarna hijau adalah antena mikrostrip dengan CSRR. Return loss antena tanpa CSRR memiliki return loss sebesar -15.71 dB dan antena mikrostrip dengan CSRR memiliki return loss sebesar -19.50 dB. Kemudian untuk bandwidth didapat dari hasil return loss dengan cara hasil frekuensi tertinggi dikurangi dengan hasil frekuensi terendah pada saat return loss -10 dB. Untuk bandwidth antena mikrostrip patch circular tanpa CSRR memiliki bandwidth sebesar 120 MHz sedangkan untuk antena mikrostrip patch circular dengan CSRR sebesar 410 MHz. Sehingga bandwidth antena meningkat sebesar 290 MHz. Kemudian untuk metode CSRR pada penelitian ini juga mengalami miniaturisasi sebesar 18% dari antena mikrostrip tanpa CSRR.

### 3.3 Perbandingan Hasil Simulasi Antena

Berdasarkan Tabel 3. maka antena mengalami sedikit perubahan pada patch, panjang insetfeed dan ground pada antena. Perubahan tersebut menghasilkan miniaturisasi pada antena mikrostrip patch circular dengan CSRR sebesar 18% dari antena mikrostrip patch circular tanpa CSRR. Untuk mengetahui perbandingan antena tanpa CSRR dengan antena dengan CSRR bisa dilihat pada Tabel 6. berikut:

**Tabel 6. Perbandingan Hasil Simulasi Antena**

Parameter	Tanpa CSRR	Dengan CSRR
Frekuensi kerja	3.5 GHz	3.5 GHz
<i>Return Loss</i>	-15.71	-19.50
VSWR	1.39	1.23
<i>Bandwidth</i>	120	410
<i>Gain</i>	2.121	1.454
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Bidirectional</i>
Panjang <i>groundplane</i> ( $L_g$ )	34.63 mm	29 mm
Lebar <i>groundplane</i> ( $W_g$ )	27 mm	24 mm



Pada tabel 6. menunjukkan bahwa dengan ditambahkan struktur *Complementary Split-Ring Resonator* (CSRR) dapat meningkatkan *bandwidth* sebesar 290 MHz dan juga dapat meminiaturisasikan antena sebesar 18 %.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yang menggunakan struktur *Complementary Split-Ring Resonator* (CSRR) dapat meningkatkan *bandwidth* antena sebesar 290 MHz dan dapat meminiaturisasikan antena sebesar 18% pada frekuensi kerja 3.5 GHz. Hasil dari antena mikrostrip *patch circular* dengan *Complementary Split-Ring Resonator* (CSRR) memiliki nilai *return loss* sebesar -19.50 dB, VSWR sebesar 1.23, *gain* sebesar 1.454 dBi, *bandwidth* 410 MHz dan memiliki pola radiasi *bidirectional*.

#### Daftar Pustaka

- D. Hutabarat, "Telkomsel Uji Coba 5G di Ajang Asian Games 2018," *kominfo.go.id*, 2018. [https://www.kominfo.go.id/content/detail/13879/telkomsel-uji-coba-5g-di-ajang-asian-games-2018/0/sorotan\\_media](https://www.kominfo.go.id/content/detail/13879/telkomsel-uji-coba-5g-di-ajang-asian-games-2018/0/sorotan_media) (accessed Mar. 20, 2022).
- S. Goswami, K. Sarmah, A. Sarma, K. K. Sarma, and S. Baruah, "Slot loaded square patch antenna with CSRR at ground plane," *Int. Conf. Microelectron. Comput. Commun. MicroCom 2016*, no. January, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1109/MicroCom.2016.7522558.
- P. D. Tung, P. H. Lam, and N. T. Quynh Hoa, "a Miniaturization of Microstrip Antenna Using Negative Permittivity Metamaterial Based on Csrr-Loaded Groundfor Wlan Applications," *Vietnam J. Sci. Technol.*, vol. 54, no. 6, p. 689, 2016, doi: 10.15625/0866-708x/54/6/8375.
- A. N. Lestari, W. A. N. Hakim, L. O. Nur, and others, "Pengaruh Left-Handed Metamaterial (LHM) Terhadap Bandwidth Antena Mikrostrip Patch Triangular untuk Teknologi 5G," in *Prosiding Seminar Nasional Fortei7 (SinarFe7)*, 2021, vol. 4, no. 1, pp. 10–14.
- H. Amin and Y. Rahayu, "Perancangan Antena Mikrostrip Circular Dual Band 28/38 GHz Dengan Metamaterial CSRR Untuk Jaringan Komunikasi 5G," *Jom FTEKNIK*, vol. 5, pp. 1–10, 2018.
- R. Kurnianto, Z. Nawawi, H. Ahmad, N. Hozumi, dan M. Nagao, "Effect of nano filler mixture on the visual aspect of treeing degradation in LDPE based composite," *Gaodianya Jishu/High Volt. Eng.*, 2011
- H. Herman, N. Freebody, A. Pye, dan G. C. Stevens, "Investigating dielectrics using chemometric methods," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials*, 2018, doi: 10.1109/ICPADM.2018.8401059
- X. Zhang, M. Wang, R. Cheng, K. Wang, J. Gao, dan Q. Zhang, "Study on crystalline morphology and breakdown property of micro-, nano-, micro-/nanocomposites," *ICEMPE 2017 - 1st Int. Conf. Electr. Mater. Power Equip.*, hal. 440–443, 2017, doi: 10.1109/ICEMPE.2017.7982123