

Memodifikasi Polarisasi Antena untuk Aplikasi 5G Dengan Metasurface

1st Yoga Syah Pratama Syahputra
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

yogasyahpratamas@telkomuniversity.ac.id

2nd Bambang Sumajudin
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

bambangsumajudin@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Karakteristik pada *metasurface* memiliki daya tarik yang signifikan untuk dikembangkan dan terus ditingkatkan karena potensinya dalam menghasilkan kinerja antena yang optimal. Dengan menggunakan struktur yang simpel, *metasurface* mampu menyamakan kekurangan dan kelemahan dalam parameter antena. Proses karakterisasi dan optimalisasi menjadi krusial dalam merancang antena *metasurface* guna mencapai kinerja antena yang lebih efisien. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, penggunaan *metasurface* sebagai reflektor untuk mengubah dan memodifikasi dari polarisasi antena. *Metasurface* sebagai reflektor digunakan untuk menghasilkan spesifikasi dan mobilitas yang dibutuhkan sebuah mikrostrip antena untuk teknologi 5G yang dapat diimplementasikan dalam jaringan di Indonesia. Pengoperasian dan pengukuran antena dilakukan pada frekuensi 3,5GHz dengan *metasurface* unit cell 4 x 4 *asymmetric*. Berdasarkan hasil fabrikasi yang diukur menghasilkan *bandwidth* sebesar 122 MHz, *return loss* sebesar -28,25 dB, *VSWR* 1,1 *gain* 4,961 dBi dengan arah radiasi *bidirectional*, dan nilai polarisasi dari *axial ratio* dihasilkan sebesar 10,76.

Kata kunci— *Metasurface*, mikrostrip antena, frekuensi, 5G

I. PENDAHULUAN

Antena mikrostrip adalah antena dengan penggunaan bahan yang mudah ditemukan dan bahan sederhana. Dimensi antena mikrostrip umumnya cukup kecil, hingga biaya untuk fabrikasi lebih murah, terjangkau, memiliki kinerja yang cukup baik, dan dapat diintegrasikan dengan perangkat elektronika lainnya. Antena mikrostrip adalah antena yang mampu dioperasikan di frekuensi tinggi dengan ukuran yang tipis dan ringan [1]. Antena adalah piranti penting dalam sistem jaringan antar perangkat tanpa kabel (nirkabel) yang kebutuhannya untuk memancarkan dan didesain menerima gelombang elektromagnetik. Salah satu bentuk antena yang banyak diterapkan dan dikembangkan untuk teknologi 5G merupakan antena mikrostrip. Tetapi, pada antena mikrostrip keterbatasan pada *bandwidth* sempit, *gain* dan direktivitas yang rendah, serta tingkat efisiensi cukup rendah [2]. Antena mikrostrip mempunyai struktur utama yaitu patch, substrat, dan *groundplane* [3]. Frekuensi dari antena mikrostrip dapat mempengaruhi dimensi dari antena sehingga berpengaruh terhadap berbagai parameter antena.

Oleh karena itu, tujuannya adalah untuk menciptakan antena mikrostrip dengan ukuran yang ringkas, *gain* tinggi,

dapat memperlebar *bandwidth* dan memodifikasi polarisasi dapat di tambahkan struktur *metasurface*. *Metasurface* adalah struktur buatan dua dimensi yang dapat didesain dan dapat diintegrasikan dengan antena. *Metasurface* diterapkan untuk meningkatkan performansi dari antena mikrostrip. Performansi kinerja dari antena dapat dilihat pada parameter antena yaitu *return loss*, *VSWR*, *bandwidth*, *gain*, dan polarisasi. Salah satu *design metasurface* yang sesuai dengan teknologi 5G adalah *Split Ring Resonator* (SRR). Struktur unit cell dengan SRR dapat meningkatkan *gain* dan *bandwidth* secara bersamaan[4].

II. KAJIAN TEORI

A. Antena

Antena memiliki peran yang penting dalam sistem telekomunikasi nirkabel, oleh karena itu tidak ada sistem nirkabel yang beroperasi tanpa adanya sebuah antena. Perancangan dan pemilihan desain yang tepat dan optimal tentu akan memastikan kinerja dari antena tersebut[3]. Antena merupakan suatu komponen yang dirancang untuk mentransmisikan dan menerima gelombang elektromagnetik [5]

B. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan tipe antena yang memiliki bentuk mirip papan (board) tipis yang berguna memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang tinggi [1]. Antena mikrostrip juga memiliki dimensi ukuran yang kecil, ringan sehingga dengan mudah dapat ditempelkan ke perangkat elektronik yang sangat rapat seperti telepon genggam, modem *broadband*, dan laptop. Namun karena ukurannya yang kecil dan pipih, antena mikrostrip memiliki kelemahan *gain* yang kecil, *bandwidth* yang sempit, kapasitas tenaga yang rendah [6]

C. Metasurface

Metasurface merupakan bahan dengan struktur yang dirancang untuk memiliki karakteristik permeabilitas dan permittivitas. Antena dengan berbasis *metasurface* adalah salah satu jenis aplikasi *metasurface* yang menggunakan mode resonansi *metasurface* yang terbayas untuk radiasi yang menampilkan profil rendah, pita lebar dan implementasi yang rendah [7]. Struktur dari *metasurface* pada antena mikrostrip akan menghasilkan resonansi tambahan untuk pancaran radiasinya. Resonansi tambahan ini disebabkan oleh gelombang permukaan yang merambat pada struktur *metasurface* [8].

D. Split Ring Resonator

Split Ring Resonator (SRR) merupakan implementasi dari struktur *metasurface* yang mengadopsi bentuk dua cincin persegi

dan pada sisinya terdapat celah/gap yang dibentuk berlawanan. Tujuannya adalah menciptakan medan magnetik yang lebih intens pada frekuensi resonansi yang diinginkan. [9]. *Metasurface* akan diintegrasikan dengan antenna pada frekuensi 3,5 Ghz. Menggunakan *metasurface* memperluas bandwidth operasi antenna yang diusulkan dan meningkatkan penguatannya. Hal ini dapat penulis kaitkan dengan dua faktor. Pertama, memposisikan *metasurface* di bawah *radiator patch* yang menghasilkan kopling elektromagnetik tambahan antara *patch* dan *metasurface*, sehingga meningkatkan *bandwidth* operasi. Kedua, permukaan meta meningkatkan distribusi bidang antenna, memperbesar bukaan efektif antenna [10].

III. METODE

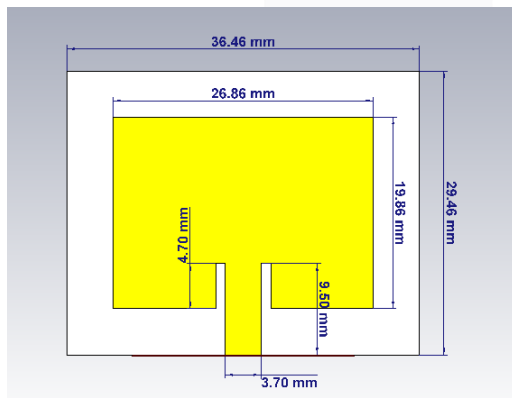
A. Spesifikasi Antena

Desain antenna mikrostrip yang telah dibuat kemudian disimulasikan untuk melihat frekuensi kerja dan besar bandwidth yang dihasilkan. Apabila hasil tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan maka diperlukan optimasi pada desain antenna. Desain yang telah melalui tahap optimasi selanjutnya akan menuju tahap dari fabrikasi. Hasil fabrikasi diukur menggunakan VNA untuk mengetahui parameter antenna seperti *return loss*, *VSWR*, *axial ratio*, *bandwidth*, dan *gain*, *pola radiasi*. Spesifikasi dari antenna mikrostrip yang akan dioperasikan dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1.
Spesifikasi Antena

No	Parameter	Rincian
1.	Frekuensi	3,5 GHz
2.	Return Loss	≤ -10 dB
3.	VSWR	1-2
4.	Bandwidth	> 50 MHz
5.	Gain	≥ 3 dB
6.	Pola Radiasi	uni-directional
7.	Axial Ratio	- 3 dB ≤ AR < 40 dB = Elips

B. Antena patch rectangular Insert Feeding



GAMBAR 1.
Antena Mikrostrip metode Insert Feeding

Antena mikrostrip yang optimal untuk diintegrasikan dengan *metasurface* adalah antenna mikrostrip model *single rectangular patch* dengan metode *insert feeding*. Menentukan model antenna tersebut karena memiliki hasil parameter yang paling optimal dan cocok untuk diintegrasikan dengan *metasurface*.

TABEL 2.

Dimensi antenna mikrostrip rectangular dengan metode insert feeding

No.	Variabel	Dimensi	Nilai (mm)
1.	w	Lebar Patch	27,4
2.	l	Panjang Patch	20,4
3.	wg	Lebar Substrat	46
4.	lg	Panjang Substrat	39
5.	t	Tebal Copper	0,035
6.	h	Tebal Substrat	1,6
7.	wf	Lebar Saluran Pencatu	3,7
8.	gpf	Lebar gap insert Feeding	1
9.	fi	Panjang insert feeding	4,7
10	b	Diameter lubang spacer	2

Pada gambar 1. merupakan bentuk dimensi antenna setelah dilakukan penyesuaian dimensi agar dapat terintegrasi dengan *metasurface* dengan baik dan optimal. Perubahan pada dimensi antenna terdapat pada lebar patch, panjang patch, lebar substrat, dan panjang substrat yang membesar seperti pada tabel 2. Antena rancangan juga akan diberi lubang pada keempat sudut dengan diameter 2 mm untuk pemasangan spacer atau pemberi jarak antara antenna mikrostrip dengan *metasurface*.

C. Perancangan antenna dengan Metasurface

Dalam perancangan tugas akhir, struktur unit cell *metasurface* yang diterapkan adalah struktur *split ring resonator (SRR) Asymmetric* yang mengacu pada desain *metasurface* yang di usulkan. *Metasurface* diintegrasikan dengan antenna akan diusulkan pada frekuensi 3,5 GHz untuk teknologi pendukung implementasi 5G



GAMBAR 2.
Metasurface

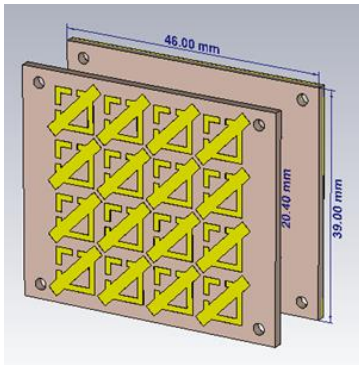
D. Dimensi metasurface Split Ring Resonator

TABEL 3.
Tabel dimensi Metasurface SRR

No	Variabel	Dimensi	Nilai (mm)
1.	Lm	Panjang ring	7
2.	g	Lebar Gap	1
3.	s	Lebar Split	1
4.	x	Lebar Slot Feed	2
5.	y	Panjang Slot Feed	12

Sebagai pengujiannya, jumlah unit cell yang akan diuji adalah susunan 2x2, 3x3, dan 4x4 untuk mengamati pengaruhnya pada parameter yang didapatkan oleh antenna utama. Pada percobaan ini juga akan mengamati pengaruh jarak yang optimal antara lapisan

antena utama dengan lapisan metasurface untuk menentukan jarak yang optimum untuk mendapatkan hasil yang penulis targetkan sebelumnya.



Gambar 3. Antena mikrostrip terintegrasi dengan metasurface

Dari hasil simulasi *metasurface SRR Asymmetric*, dengan dimensi dari metasurface yang tidak diubah dilakukan pengamatan terhadap jarak metasurface dan antena dan jumlah unit cells. Hasil paling optimal setelah dilakukan beberapa kali simulasi yaitu didapatkan *metasurface* 4x4 dengan jarak dari antena utama 12 mm yang dimana Pada frekuensi yang diinginkan 3,5 GHz, telah ditemukan bentuk dari polarisasi antena adalah menuju elips.

E. Perbandingan hasil simulasi

Setelah dilakukan beberapa simulasi terhadap parameter antena, dapat dilihat pada tabel 3.



GAMBAR 4. Unit cell 2x2 (a) 3x3 (b) 4x4 (c)

TABEL 4. Hasil Simulasi Antena

	Return Loss (dB)	Bandwidth (MHz)	VSW R	Gain (dBi)	Polari sasi
Antena tanpa Metasurf ace	-42,21	206	1,01	3,2	40

TABEL 5. Perbandingan Hasil Simulasi Unit Cell

Parameter	Split Ring Resonator		
	2x2	3x3	4x4
Return Loss (dB)	-20,61	-16,67	-27,94
VSWR	1.20	1.34	1.08
Bandwidth (Mhz)	239	251	206
Gain (dBi)	3.46	3.35	3.61
Polarisasi	30.88	21.23	16.45

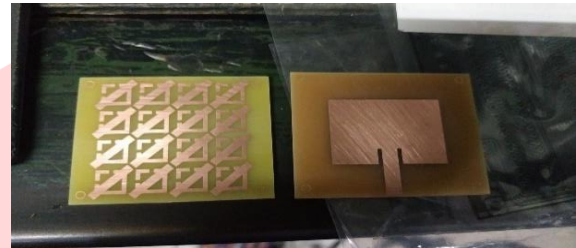
Dari hasil simulasi, terlihat parameter return loss, VSWR, bandwidth, dan axial ratio mengalami penurunan nilai akibat terdapatnya penambahan jumlah unit cells. Gain

tertinggi saat ditambahkan lapisan metasurface adalah penggunaan unit cell 4x4 Sedangkan hasil paling optimal dan memenuhi kriteria khususnya Polarisasi yaitu dengan menggunakan unit cells 4x4.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

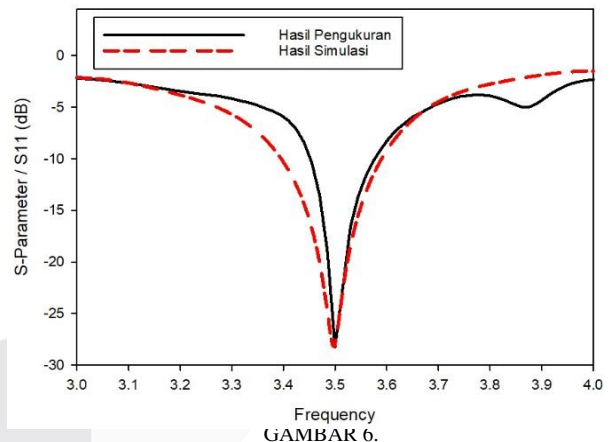
A. Realisasi Antena

Pengukuran dari realisasi Antena dan Metasurface dapat dilakukan setelah melakukan proses simulasi pada software pendukung kemudian menghasilkan hasil yang sesuai pada parameter yang telah ditentukan. Ketika hasil simulasi pada antena mendapatkan nilai parameter yang optimal dan baik, maka selanjutnya langkah dari perancangan akan direalisasikan / difabrikasi



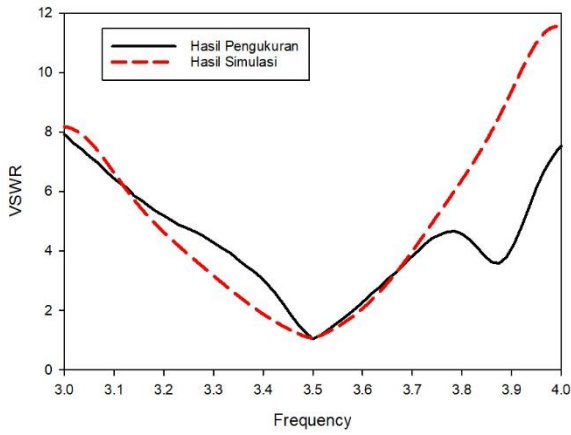
GAMBAR 5. Bentuk fabrikasi Antena (kanan) dan Metasurface (Kiri)

B. Pengukuran Return Loss dan VSWR



GAMBAR 6. Hasil Perbandingan Return Loss Simulasi dan Pengukuran

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa hasil return loss antena penulis telah mendapatkan hasil yang optimal. Didapatkan nilai -27,95 dB pada simulasi yang dilakukan pada aplikasi CST Studio Sedangkan didapatkan nilai -28,26 dB pada pengukuran secara langsung menggunakan VNA.

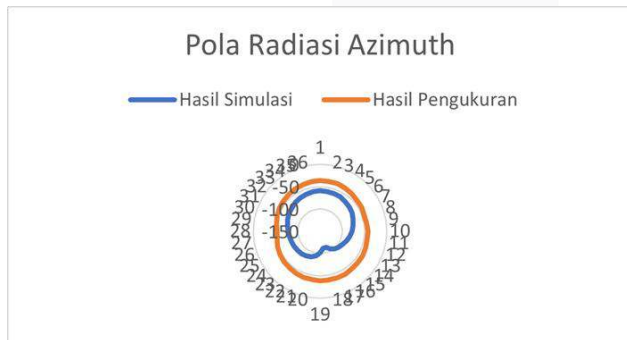


GAMBAR 7. Hasil Perbandingan VSWR Simulasi dan Pengukuran

Pada gambar 7. dapat dilihat bahwa hasil VSWR antenna dengan metasurface telah mendapatkan hasil yang optimal. Didapatkan nilai 1,08 pada simulasi yang dilakukan pada aplikasi CST Studio, sedangkan didapatkan nilai 1,1 pada pengukuran secara langsung menggunakan VNA. Pada gambar 7. juga dapat diketahui bahwa nilai bandwidth yang didapatkan adalah 122 MHz. Bandwidth bisa didapatkan melalui grafik VSWR pada nilai rasio 2 karena rasio maksimum optimal pada VSWR adalah rasio yang bernilai 2.

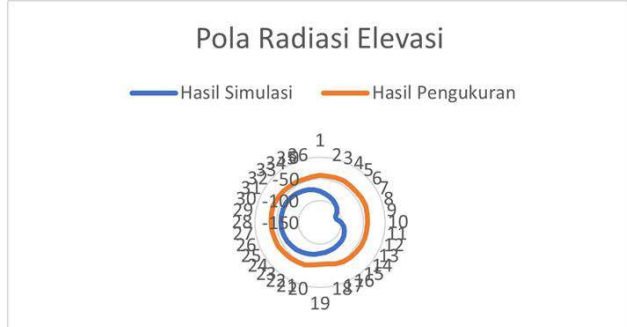
C. Pengukuran Polaradiasi

Setelah menyelesaikan proses pengukuran pola radiasi, langkah selanjutnya adalah membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan pola radiasi yang dihasilkan dari simulasi. Perbandingannya dapat dilihat sebagai berikut.



GAMBAR 8.

Perbandingan antara pola radiasi azimuth hasil simulasi dan pengukuran



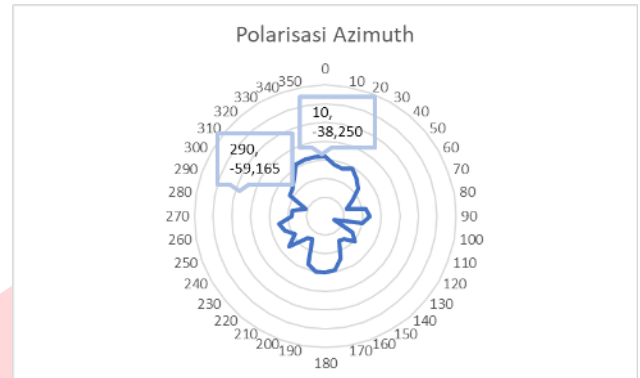
GAMBAR 9.

Hasil perbandingan simulasi dan pengukuran pola radiasi

Pada gambar 8 dan 9 merupakan diagram polar perbandingan antara pola radiasi pada simulasi dengan pengukuran langsung baik pada azimuth maupun elevasi. Didapatkan hasil bahwa bentuk pola radiasi antenna saat simulasi merupakan unidirectional dan pada saat pengukuran langsung adalah bidirectional. Perbedaan arah pola

radiasi antenna penulis dapat disebabkan oleh faktor yang beragam seperti interferensi, human error, proses pemutaran sudut pada saat pengujian yang tidak akurat dikarenakan pemutaran dilakukan secara manual, dan keterbatasan alat serta ruang chamber yang kurang menunjang

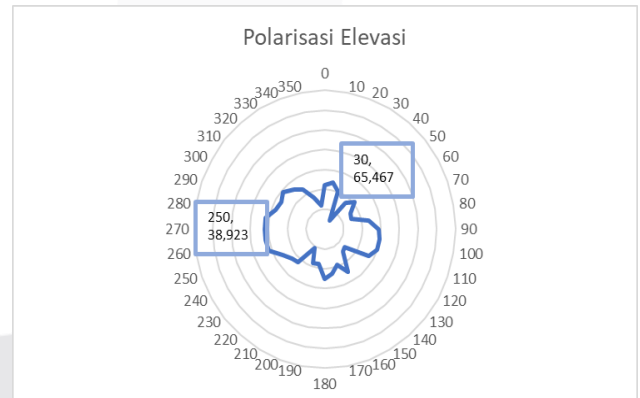
D. Pengukuran Polarisasi antenna dan metasurface



GAMBAR 10.

Hasil Pengukuran Polarisasi Azimuth

Nilai Pmajor pada polarisasi azimuth terdapat pada sudut 0° dengan nilai -38,250 dan Pminor terdapat pada sudut 290° dengan nilai -59,165. Kemudian daya terima yang sudah didapatkan di masukkan ke dalam rumus. Kemudian nilai daya terima polarisasi azimuth yang sudah didapatkan diubah ke dalam bentuk watt Pmajor sebesar $1,49 \times 10^{-7}$ dan Pminor sebesar $1,21 \times 10^{-9}$ watt.



GAMBAR 11.

Hasil Pengukuran Polarisasi Elevasi

Polarisasi elevasi memiliki nilai Pmajor sebesar -38,963 pada sudut 250° dan nilai Pminor sebesar -65,467 pada sudut 30°. Polarisasi elevasi Pmajor sebesar $1,28 \times 10^{-7}$ watt dan Pminor sebesar $2,83 \times 10^{-10}$ watt. Nilai ini yang akan digunakan untuk mengetahui nilai dari axial ratio yang terbentuk pada saat pengukuran. Berdasarkan hasil perhitungan axial ratio. Nilai axial ratio pada polarisasi azimuth sebesar 10,76. Polarisasi elevasi memiliki nilai Axial Ratio sebesar 21,6. Maka dapat diketahui hasil pengukuran polarisasi azimuth dan polarisasi elevasi memiliki jenis axial ratio Elips.

E. Pengukuran Gain

Pengukuran gain dilakukan berdasarkan hasil pengukuran pada pola radiasi, dimana daya terima maksimum yang dihasilkan pada sudut tertentu akan dijadikan perhitungan dari nilai gain. Gain yang di hasilkan pada simulasi sebesar 3,61 dBi, sedangkan gain hasil

pengukuran sebesar 4,61 dBi dengan artian penambahan *metasurface* mampu meningkatkan gain sebesar 27%.

V. KESIMPULAN

Dari hasil menerapkan penggunaan lapisan *metasurface* dengan struktur *split ring resonator* terhadap antena mikrostrip untuk implementasi dari teknologi 5G. Berdasarkan pengukuran secara langsung yang telah penulis lakukan, dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem antena penulis telah mendapatkan hasil yang optimal untuk dioperasikan di frekuensi 3,5 GHz. Besar nilai return loss sebesar -27,95 dB, VSWR didapatkan nilai 1,1 dengan bandwidth sebesar 122 MHz dan polarisasi yang di hasilkan adalah elips dengan nilai sebesar 10,76. Dengan hasil pengukuran tersebut maka dapat simpulkan bahwa antena mikrostrip single patch rectangular dengan metode insert feeding terintegrasi dengan *metasurface* model SRR asymmetrical 4x4 rancangan telah optimal dan dapat diimplementasikan pada teknologi 5G.

REFERENSI

- [1] dan Dyan Nastiti Novikasari, "DESAIN DAN SIMULASI ANTENA MICROSTRIP SEMICIRCULAR HALF U-SLOT UNTUK APLIKASI MODEM GSM 1800 MHZ," 2013.
- [2] C. Ira, D. Anggitaratna, S. Bambang, S. T. Nugroho, O. Levy, and S. T. Nur, "PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA MIKROSTRIP BERBASIS METAMATERIAL PADA FREKUENSI 3,5 GHZ UNTUK APLIKASI 5G DESIGN AND ANALYSIS OF MICROSTRIP ANTENNA BASED METAMATERIAL AT FREQUENCY 3,5 GHZ FOR 5G APPLICATION."
- [3] C. A. Balanis, *ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN THIRD EDITION*. [Online]. Available: www.copyright.com.
- [4] C. Arora, S. S. Pattnaik, and R. N. Baral, "SRR Inspired Microstrip Patch Antenna Array," 2015.
- [5] A. Committee of the IEEE Antennas and P. Society, "IEEE Standard for Definitions of Terms for Antennas Sponsored by the Antennas Committee IEEE Antennas and Propagation Society."
- [6] D. M. Pozar, "Microstrip Antennas Invited Paper."
- [7] T. Li and Z. N. Chen, "A dual-band metasurface antenna using characteristic mode analysis," *IEEE Trans Antennas Propag*, vol. 66, no. 10, pp. 5620–5624, Oct. 2018, doi: 10.1109/TAP.2018.2860121.
- [8] F. Alhaqqi, "Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Circular Polarization menggunakan *Metasurface* untuk Aplikasi 5G."
- [9] S. Bennani Dosse, Jāmi'at 'Abd al-Mālik al-Sa'dī. École nationale des sciences appliquées de Fès, Jāmi'at 'Abd al-Mālik al-Sa'dī. ERSI Laboratory, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Morocco Section, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017 *International Conference on Wireless Technologies, Embedded and Intelligent Systems : WITS : April 19-20, 2017, ENSA of Fez - ERSI Laboratory, USMBA University, Fez, Morocco*.
- [10] N. Nasimuddin, Z. N. Chen, and X. Qing, "Bandwidth Enhancement of a Single-Feed Circularly Polarized Antenna Using a *Metasurface*: Metamaterial-based wideband CP rectangular microstrip antenna," *IEEE Antennas Propag Mag*, vol. 58, no. 2, pp. 39–46, Apr. 2016, doi: 10.1109/MAP.2016.2520257.