

# Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO Bowtie 4×4 Pada Frekuensi 28 Ghz Untuk Aplikasi 5G

## *Design And Realization Of 4×4 MIMO Bowtie Microstrip Antenna On 28 Ghz Frequency For 5G Application*

1<sup>st</sup> Selva Tri Anggraini  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
selvatri@student.telkomuniversity.  
ac.id

2<sup>nd</sup> Dwi Andi Nurmantris  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
dwiandi@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Yuyu Wahyu  
PPET-LIPI (Lembaga Ilmu  
Pengetahuan Indonesia)  
Bandung, Indonesia  
yuyu@ppet.lipi.go.id

**Abstrak**—Jaringan seluler 5G menggambarkan dari generasi sebelumnya dengan menyediakan komunikasi yang sangat andal dan latensi rendah, memungkinkan komunikasi jenis mesin serta termasuk broadband seluler yang ditingkatkan. Sistem komunikasi 5G bertujuan untuk terus meningkatkan kualitas pengalaman, kecepatan data yang tinggi untuk pengguna seluler, dan konsumsi energi yang rendah. Pada proyek akhir ini telah dirancang dan direalisasikan antena mikrostrip yang dapat bekerja di spektrum 28 GHz dengan patch bowtie yang menggunakan teknik MIMO 4×4, setiap elemennya memiliki dimensi yang sama. Patch bowtie dipilih agar memberikan bandwidth yang lebar, serta disusun menjadi MIMO agar mengatasi multipath fading. Simulasi perancangan antena MIMO kali ini dilakukan menggunakan software CST Studio Suite dengan memperhatikan nilai Return Loss, VSWR, Bandwidth, dan Mutual Coupling. Perancangan antena MIMO 4×4 ini menghasilkan nilai parameter seperti, Return Loss pada port satu sebesar -13,7617 dB, pada port dua sebesar -8,49 dB, pada port tiga sebesar -11,8011 dB, dan pada port empat sebesar -11,4207 dB. Nilai VSWR pada port satu sebesar 1,516, pada port dua sebesar 2,205, pada port tiga sebesar 1,692, dan pada port empat sebesar 1,734. Nilai Bandwidth  $\geq 500$  MHz, dan nilai dari Mutual Coupling  $\leq -20$  dB. Antena ini digunakan untuk komunikasi 5G dengan frekuensi kerja 28 GHz.

**Kata kunci** — antena mikrostrip, 5G, MIMO.

**Abstract**—The 5G mobile network draws on the previous generation by providing highly reliable and low-latency communications, enabling machine-type communications and including enhanced mobile broadband. The 5G communication system aims to continuously improve the quality of the experience, high data rates for mobile users, and low energy consumption. In this final project, a microstrip antenna

has been designed and realized that can work in the 28 GHz spectrum with a patch bowtie that uses the 4×4 MIMO technique, each element has the same dimensions. The bowtie patch was chosen to provide a wide bandwidth, and is structured into MIMO to overcome multipath fading. This time the MIMO antenna design simulation was carried out using the CST Studio Suite software by paying attention to the Return Loss, VSWR, Bandwidth, and Mutual Coupling values. The design of this 4×4 MIMO antenna produces parameter values such as, Return Loss on port one of -13.7617 dB, on port two of -8.49 dB, on port three of -11.8011 dB, and on port four of -11.4207 dB. The VSWR value on port one is 1.516, port two is 2.205, port three is 1.692, and port four is 1.734. Bandwidth value  $\geq 500$  MHz, and value of Mutual Coupling  $\leq -20$  dB. This antenna is used for 5G communication with a working frequency of 28 GHz.

**Keyword** : microstrip antenna, 5G, MIMO

## I. PENDAHULUAN

Jaringan seluler generasi kelima (5G) menggambarkan dari generasi sebelumnya dengan menyediakan komunikasi yang sangat andal dan latensi rendah, memungkinkan komunikasi jenis mesin serta termasuk broadband seluler yang ditingkatkan. Sistem komunikasi 5G bertujuan untuk terus meningkatkan kualitas pengalaman, kecepatan data yang tinggi untuk pengguna seluler, dan konsumsi energi yang rendah.

Radio 5G yang merupakan langkah besar dalam kemampuan jaringan seluler. 5G akan membawa broadband seluler tradisional menjadi ekstrem dalam hal kecepatan, kapasitas, dan ketersediaan data. Selain itu, 5G akan memungkinkan layanan baru termasuk konektivitas Internet Of Things, industri, dan komunikasi penting. Target 5G

ditetapkan sangat tinggi dengan kecepatan data hingga 20 Gbps dan peningkatan kapasitas hingga 1000 kali lipat dengan platform fleksibel untuk konektivitas perangkat latensi sangat rendah dan keandalan sangat tinggi.

Teknik MIMO atau *Multiple Input Multiple Output* merupakan teknologi multi antenna pada pengirim dan penerima. Teknik MIMO menjadi salah satu solusi kebutuhan transfer data yang lebih cepat dan lebih besar, serta dapat menanggulangi *multipath fading*. Teknologi MIMO dapat menghasilkan frekuensi yang lebih efisien yaitu dengan mengirimkan informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar ke penerima, sehingga mengurangi kemungkinan informasi yang hilang dibanding dengan menggunakan pemancar tunggal.

Beberapa penelitian sebelumnya juga telah dilakukan tentang antenna microstrip bowtie. Penelitian yang dilakukan oleh [1] yaitu membuat antenna mikrostrip *bowtie* mimo 4x4 untuk aplikasi LTE yang bekerja pada frekuensi 1,88 GHz mendapatkan nilai-nilai yang sangat bagus dan memenuhi spesifikasi sehingga dapat diimplementasikan untuk teknologi TDD. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh [2] yaitu membuat antenna mikrostrip mimo 4x4 *bowtie* untuk aplikasi WiFi 802.11n memiliki nilai-nilai yang sesuai dengan spesifikasi juga sehingga dapat diimplementasikan di *access point*.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan dan beberapa referensi lainnya menunjukkan bahwa penggunaan antenna mimo sangat bagus dan berpengaruh kepada nilai-nilai dari parameter yang akan dicari. Selain itu penggunaan antenna mimo ini lebih baik daripada penggunaan antenna tunggal.

Pada proyek akhir ini akan dirancang sebuah antenna mikrostrip menggunakan *software CST Studio Suite* dengan *patch bowtie* dan frekuensi yang bekerja adalah 28 GHz atau dalam range 26 GHz – 30 GHz. Hasil yang diharapkan dari perancangan ini adalah nantinya dapat digunakan untuk aplikasi jaringan komunikasi nirkabel 5G.

## II. KAJIAN TEORI

### A. 5G (*Fifth Generation*)

5G (*fifth generation*) merupakan jaringan seluler generasi ke-5. Ini adalah standar *wireless* baru atau lanjutan setelah jaringan 1G, 2G, 3G, dan 4G. Teknologi 5G dimaksudkan untuk memberikan kecepatan data yang lebih tinggi, latensi yang sangat rendah, keandalan yang lebih tinggi, kapasitas jaringan yang besar, dan ketersediaan yang meningkat. Performa yang lebih tinggi dan peningkatan efisiensi diharapkan dapat memberdayakan pengalaman pengguna baru dan menghubungkan industri baru dan lebih maju [3]. Teknologi 5G memiliki peak data rates teoritis

hingga 20 Gbps, sedangkan peak data rates 4G hanya 1 Gbps. Antena baru akan menggabungkan teknologi yang dikenal sebagai Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output), yang memungkinkan beberapa pemancar dan penerima mentransfer lebih banyak data pada saat yang bersamaan. Tetapi teknologi 5G tidak terbatas pada spektrum radio baru [4].

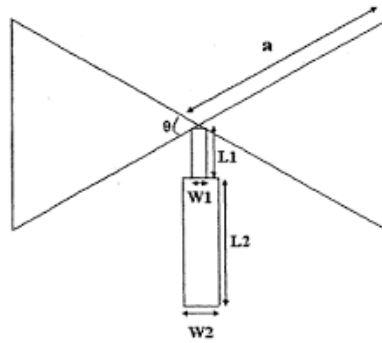
*Millimeter-wave (mm-wave)* atau yang dikenal juga dengan *millimeter-band* adalah pita spektrum dengan panjang gelombang antara 30 GHz hingga 300 GHz. *Mm-wave* juga dikenal sebagai *Extremely High Frequency (EHF)* oleh *International Telecommunication Union (ITU)*. *Mm-wave* dapat digunakan untuk berbagai layanan pada jaringan seluler dan *wireless* karena memungkinkan kecepatan data yang lebih tinggi daripada frekuensi yang lebih rendah, seperti yang digunakan untuk WiFi dan jaringan seluler saat ini. Untuk komunikasi 5G persyaratan sistem memerlukan *broadband/multiband* baru dan *mm-wave* yang terintegrasi penuh antenna dengan polarisasi ganda dan jangkauannya lebih luas [5]. Tabel 1 merupakan tabel spesifikasi dari jaringan 5G berdasarkan standar IEEE.

TABEL 1  
SPESIFIKASI 5G

Parameter	Nilai
<i>Peak Data Rate</i>	<i>Downlink</i> 20 Gbps <i>Uplink</i> 10 Gbps
<i>User Experienced Data Rate</i>	<i>Downlink</i> 100 Mbps <i>Uplink</i> 50 Mbps
<i>Latency</i>	1 ms
<i>Bandwidth</i>	>100 MHz; up to 1 GHz – 6 GHz
<i>Frequency of Operation</i>	Up to 6 GHz, 28 GHz, 39 GHz, <i>other mmWave bands (up to 52 GHz)</i>

### C. Antena Mikrostrip Patch Bowtie

Antena mikrostrip *bowtie* merupakan antenna mikrostrip dengan bentuk *patch bowtie* atau seperti dasi kupu-kupu. *Patch bowtie* ini terdiri dari dua buah segitiga seperti dicerminkan kemudian digabung menjadi satu dengan jarak penyatuan tertentu. Antena *patch bowtie* memiliki *bandwidth* yang lebih lebar dibandingkan dengan antenna *patch rectangular* untuk panjang yang sama. Antena mikrostrip *patch bowtie* memiliki ukuran yang lebih kecil dari antenna *bowtie* kawat.



GAMBAR 1  
ILUSTRASI ANTENA MIKROSTRIP BOWTIE

Untuk mencari nilai dimensi antenna dapat digunakan persamaan sebagai berikut[1]:

$$a = \frac{2c}{2f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.1)$$

$$a_{eff} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.2)$$

Nantinya nilai  $a_{eff}$  yang akan digunakan untuk mencari nilai LP (panjang *patch*) dan WP (lebar *patch*) menggunakan persamaan cos dan sin, dengan nilai awal  $\theta = 45^\circ$ .

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{4 \sqrt{1 + \frac{12h}{a}}} \quad (2.3)$$

$$\lambda_o = \frac{c}{f} \quad (2.4)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.5)$$

Kemudian panjang dan lebar saluran transmisi didapat menggunakan rumus:

$$L_1 = h \lambda_g \quad (2.6)$$

$$L_2 = \frac{\lambda_g}{4} \quad (2.7)$$

Dimana nilai  $Z_0$  akan bernilai  $100\Omega$  untuk  $W_1$  dan  $50\Omega$  untuk  $W_2$ .

$$\frac{w}{h} = \frac{8e^A}{e^A - 2} \quad (2.8)$$

Dimana A :

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (2.9)$$

Panjang sisi *groundplane* ( $L_g$ ), Lebar sisi *groundplane* ( $W_g$ )

$$L_g \geq 3h + \frac{1}{2}L + L_1 + L_2 \quad (2.10)$$

$$W_g \geq 6h + W \quad (2.11)$$

Keterangan :

$a_{eff}$  = panjang sisi bowtie

h = ketebalan substrat

$\epsilon_r$  = permitivitas dielektrik substrat

$f_r$  = frekuensi resonansi / frekuensi kerja

c = konstanta cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

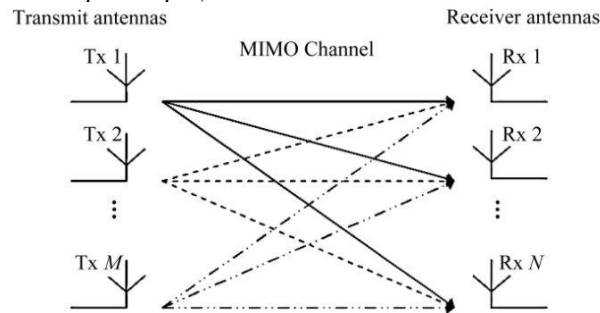
$\lambda_o$  = panjang gelombang di udara

$\lambda_g$  = panjang gelombang pada bahan substrat

W = lebar saluran transmisi

L = panjang saluran transmisi

#### D. MIMO (Multiple Input Multiple Output)



GAMBAR 2  
SISTEM KERJA MIMO

MIMO merupakan salah satu teknik yang diyakini dapat meningkatkan performansi jaringan 5G karena dapat menanggulangi efek negatif dari *multipath fading*. Teknik MIMO dapat menghasilkan frekuensi yang lebih efisien yaitu dengan mengirimkan informasi yang sama dari dua atau lebih pemancar ke penerima, sehingga memungkinkan untuk mengurangi informasi yang hilang. *Multipath fading* disebabkan oleh pergerakan pengguna, bentuk permukaan bumi, pepohonan, dan bangunan disekitar sehingga menyebabkan jalur berbeda pada saat proses transmisi [6].

Pada umumnya MIMO terdiri atas teknik *Spatial Multiplexing* dan teknik *Diversity*. Adapun penjelasannya seperti berikut:

##### 1. *Spatial Multiplexing*

Pada teknik ini data masukan dipecah menjadi beberapa bagian dan dikirimkan oleh masing-masing antenna pemancar yang bekerja pada frekuensi yang sama. Keuntungan penggunaan teknik ini adalah didapatkan dengan mengirim sinyal yang berbeda pada *bandwidth* sama dan dapat disandikan dengan tepat pada penerima. Jadi seperti terdapat satu kanal untuk satu pemancar [7].

##### 2. *Diversity*

Teknik *diversity* digunakan untuk mengurangi galat akibat *fading* dan *noise* dengan diversitas antenna pemancaran penerima. Pada teknik ini data yang dipancarkan oleh setiap antenna pemancar adalah sama. Kemudian digunakan metode *transmitter selection diversity* untuk memilih satu pemancar dengan kualitas terbaik. Sedangkan pada

penerima digunakan metode *combining* untuk mendapatkan diversitas murni [7].

Selain itu ada parameter-parameter MIMO yang harus diukur seperti berikut ini:

##### 1. *Mutual Coupling* dan Isolasi

*Mutual coupling* merupakan kondisi dimana ketika dua antenna atau lebih diletakkan secara berdekatan, maka antenna satu akan mempengaruhi antenna lainnya. *Mutual coupling* ditinjau dari S-Parameter antenna. Nilai yang baik dari *mutual coupling* untuk teknologi MIMO adalah  $\leq -20$  dB. Saat merancang antenna MIMO, nilai *mutual coupling* harus diminimalkan sekecil mungkin agar tidak mengganggu performansi antar antenna. Semakin kecil nilai *mutual coupling* maka performansi antenna akan semakin baik. *Mutual coupling* dapat diukur dengan melihat besaran isolasi. Isolasi adalah pelemahan yang timbul antara satu antenna dengan antenna yang lain [2]. Persamaan isolasi diberikan sebagai berikut:

$$\text{Isolasi} = -10 \log_{10} |S_{21}|^2$$

##### 2. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi menyatakan tingkat kesamaan antara sinyal yang diterima oleh masing-masing antenna. Nilai dari koefisien korelasi adalah antara 0 hingga 1. Jadi, ketika ada dua sinyal yang sama maka kedua sinyal tersebut memiliki nilai koefisien korelasi 1. Sedangkan jika kedua sinyal saling *orthogonal* sempurna maka memiliki nilai koefisien korelasi 0 [2]. Koefisien korelasi dapat dihitung dari parameter S dengan menggunakan persamaan:

$$\rho_e = \frac{|S_{11} * S_{12} + S_{21} * S_{22}|^2}{(1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2)(1 - |S_{22}|^2 - |S_{12}|^2)}$$

### III. METODE

#### A. Spesifikasi Antena

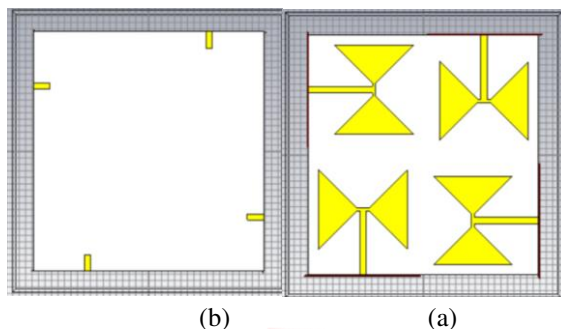
Langkah awal dalam merancang antenna adalah dengan menentukan spesifikasi antenna sebagai acuan. Adapun spesifikasi antenna tersebut sebagai berikut:

1. Frekuensi kerja : 28 GHz

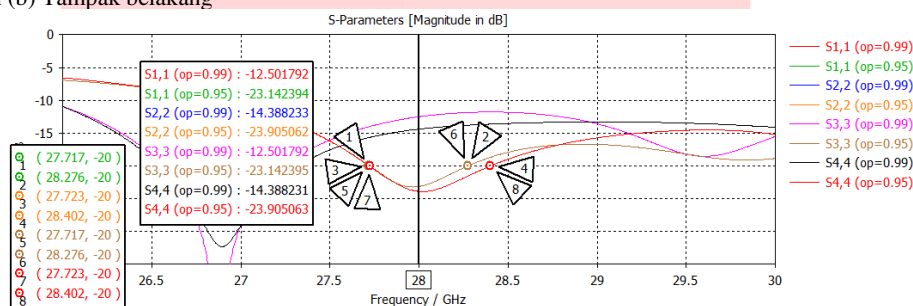
2. *Bandwidth* :  $\geq 500$  MHz
3. VSWR :  $\leq 2$
4. *Return loss* :  $\leq -10$  dB
5. *Mutual coupling* :  $\leq -20$  dB

#### B. Perancangan Antena dengan 4 Patch

Pada proyek akhir ini dirancang antenna mikrostrip *bowtie* 4x4 seperti berikut ini:



Gambar 3. Bentuk Simulasi Antena MIMO (a) Tampak depan (b) Tampak belakang



GAMBAR 4  
HASIL SIMULASI RETURN LOSS DAN BANDWIDTH

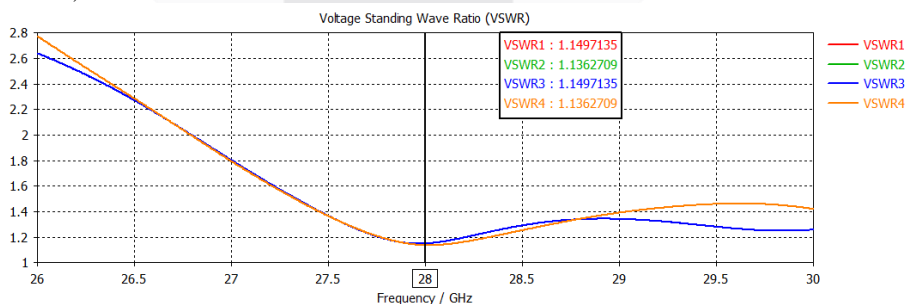
TABEL 2  
PERBANDINGAN NILAI RETURN LOSS DAN BANDWIDTH HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN

Port Ke-	Return Loss (dB)		Bandwidth	
	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
1	-23,142 dB	-13,7617 dB	559 MHz	600 MHz
2	-23,904 dB	-8,49 dB	679 MHz	700 MHz
3	-23,142 dB	-11,8011 dB	559 MHz	1050 MHz
4		-23,904 dB	-11.4207 dB	679 MHz      2980 MHz

## 2. VSWR

Pada Tabel 3 dapat dilihat ketiga antenna memiliki  $vswr \leq 1,516$ , sedangkan salah satunya bernilai 2,205. Perbedaan ini bisa

jadi disebabkan karena pengukuran tidak dilakukan di *anechoic chamber* dan pemasangan konektor yang di solder secara manual.



GAMBAR 5  
HASIL SIMULASI VSWR

TABEL 3  
PERBANDINGAN NILAI VSWR HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN

Port Ke-	VSWR
----------	------



	Simulasi	Pengukuran
1	1,149	1,516
2	1,136	2,205
3	1,149	1,692
4	1,136	1,734

3. **Mutual Coupling** pengukuran terbilang bagus karena sudah memenuhi spesifikasi yaitu  $\leq -20$  dB.  
 Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil mutual coupling baik dari simulasi maupun

TABEL 4  
 PERBANDINGAN NILAI MUTUAL COUPLING HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN

S-Parameter	Mutual Coupling	
	Simulasi	Pengukuran
S12	-26,709 dB	-32,8951 dB
S13	-29,882 dB	-35,3672 dB
S14	-26,095 dB	-32,2755 dB
S23	-226,903 dB	-31,6742 dB
S24	-26,728 dB	-33,6492 dB
S34	-26,709 dB	-36,9302 dB

#### B. Analisis *Return Loss*, VSWR, dan *Mutual Coupling*

Dari hasil pengukuran yang di dapatkan hampir keseluruhan sudah memenuhi spesifikasi, hanya saja ada salah satu port yang nilai return loss dan vswr nya kurang baik. Adanya perbedaan hasil parameter yang didapatkan saat simulasi dan fabrikasi, karena pengukuran tidak dilakukan pada ruangan *anechoic chamber* dan pemasangan konektor yang di solder secara manual.

### V. KESIMPULAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa pada proses perancangan, simulasi serta pengukuran antenna yang telah dilakukan, maka di dapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Antena yang dibuat merupakan antena jenis mikrostrip yang menggunakan teknik MIMO.
2. Antena yang dirancang dapat bekerja pada rentang frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi yaitu 28 GHz dengan VSWR  $\leq 2$ . *Bandwidth* yang dihasilkan juga memenuhi spesifikasi yaitu pada port satu sebesar 600 MHz, pada port dua sebesar 700 MHz, pada port tiga sebesar 1050 MHz, dan pada port empat sebesar 2980 MHz. *Mutual coupling* keempat antena hasil dari pengukuran  $\leq -20$  dB.
3. Mengubah konfigurasi peletakan port menjadi saling bersudut  $90^\circ$  dapat memperkecil *mutual coupling*.

Perubahan jarak antar antena mempengaruhi *mutual coupling*, semakin jauh jarak antar antena maka *mutual coupling* semakin kecil.

#### B. Saran

Berdasarkan hasil pembangunan Proyek Akhir ini, dapat disampaikan beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya yaitu :

1. Gunakan bentuk *patch* atau modifikasi yang lain untuk mendapatkan performansi yang lebih baik.
2. Fabrikasi antena sebaiknya dilakukan dengan presisi agar didapatkan hasil realisasi antena yang sesuai. Begitu juga dengan penyolderan port antena, sebaiknya dilakukan lebih rapi.
3. Pengukuran dilakukan hingga medan jauh.
4. Lakukan pengukuran di tempat yang ideal, seperti *anechoic chamber*. Jika tidak bisa melakukan pengukuran di *anechoic chamber*, cari ruangan lapang yang minim pantulan dari benda-benda sekitar.

### REFERENSI

- [1] R. Jhon, A. A. Muayyadi and Y. Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip MIMO Bowtie 4x4 Pada Frekuensi 1,8 GHz Untuk Aplikasi LTE," in *e-Proceeding of*

*Engineering*, 2016.

- [2] F. K. Hadist, H. Wijantoe and Y. Wahyu, "Antena Mikrostrip MIMO 4x4 Bowtie 2,4 GHz Untuk Aplikasi WiFi 802.11n," in *e-Proceeding of Engineering*, 2017.
- [3] Z. S. Bojkovic, D. A. Milovanovic and T. P. Fowdur, *5G Multimedia Communication Technology, Multiservices, and Deployment*, Boca Raton: CRC Press, 2020.
- [4] "<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions-what-is-5g.html>," CISCO. [Online].
- [5] W. Hong and Z. H. Jiang, "The Role of Milimeter-Wave Technologies in 5G/6G Wireless Communications," *IEEE Journal of Microwaves*, vol. 1, p. 1, January 2021.
- [6] I. M. Budi, S. E. Nugraha and A. Agung, "Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMOCircular Pada Frekuensi 2,35 GHz Untuk Aplikasi LTE," *Jurnal Infotel*, vol. 9, no. 1, Februari 2017.
- [7] E. Roza and M. Mujirudin, "Sistem MIMO dan Aplikasi Penggunaannya," vol. 6, no. 2, 2013.