

Antena Mimo Dari Array 2 Patch Sirkular H-Slot Pada Frekuensi 3.5 Ghz Untuk Aplikasi 5G

Muhammad Ikhsan Arba Pratigna¹, Elisma²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : Muhammad.ikhsan.tkom19@polban.ac.id
E-mail : elisma@polban.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi saat ini berkembang pesat dari waktu ke waktu khususnya dalam bidang komunikasi nirkabel yang mengarah pada komunikasi 5G, untuk dapat merealisasikan teknologi 5G diperlukan frekuensi yang tinggi. Maka pada penelitian ini dirancang sebuah antena MIMO dari array 2 patch dengan bentuk antena sirkular H-Slot yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz sehingga dapat di aplikasikan dalam komunikasi 5G. Antena ini dirancang dengan tambahan lapisan perak pada *patch* dan *groundplane*. Pada bahan menggunakan substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik sebesar 4.4 dan ketebalan bahan 1.6 mm, serta bahan konduktor yang digunakan adalah tembaga dengan ketebalan 35 μm . Antena yang dirancang disesuaikan dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk aplikasi komunikasi 5G, yaitu nilai *return loss* lebih dari 10 dB, *gain* lebih besar dari 3 dBi, dan *bandwith* lebih besar dari 100 MHz. Berdasarkan hasil yang telah diperoleh saat simulasi dan realisasi telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan, yaitu pada realisasi antena lapisan perak diperoleh nilai rata-rata *return loss* sebesar 34.24 dB, *bandwith* sebesar 145.25 MHz dan *gain* keseluruhan antena sebesar 5.35 dBi. Antena tersebut memiliki pola radiasi *unidirectional*.

Kata Kunci

MIMO, Slot, Array, Substrat, 5G

1. PENDAHULUAN

Perkembangan jaringan seluler dan *wireless* telah meningkat pesat pada saat ini. Adanya peningkatan jumlah pengguna dan kebutuhan pada bidang industri, diperlukan layanan yang *reliable* dan *transfer* data yang cepat seperti teknologi 5G. teknologi 5G memiliki *data rate* yang tinggi dan nilai *latency* kurang dari 1 ms, juga memiliki *bandwith* yang lebih lebar. Teknologi 5G memiliki tiga macam kategori spektrum frekuensi yang digunakan yaitu dibawah 1 GHz (*low band*), 1-6 GHz (*middle band*), dan diatas 6 GHz (*high band*) [1]. Menurut Konferensi Komunikasi Radio Dunia (WRC) pada tahun 2015 telah merekomendasikan frekuensi untuk sistem komunikasi 5G di bawah 6 GHz yaitu pada rentang frekuensi: 470–694, 1427–1518, 3300–3800, dan 4500–4990 MHz. Salah satu frekuensi yang dianjurkan untuk penggunaan 5G yaitu 3.5 GHz.

Frekuensi tinggi menghasilkan panjang gelombang yang lebih pendek sehingga rentan terhadap pantulan dari gelombang yang merambat melalui objek besar. Hal tersebut dapat menimbulkan *multipath fading* dimana

penyebabnya yaitu redaman dari lintasan beberapa sinyal yang memiliki fasa yang berbeda akibat mobilitas pengguna dan beberapa objek yang dapat membelokan atau memantulkan. Maka diperlukan sebuah sistem antena *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) pada sisi pengirim maupun penerima. Penggunaan sistem MIMO memiliki peran penting dalam teknologi 5G karena fisik dari antena yang kecil. Maka dilakukan perancangan sistem MIMO menggunakan antena mikrostrip dari array 2 patch sirkular H-slot.

Penggunaan antena mikrostrip memiliki ukuran yang kecil dan tipis, lalu dapat digunakan pada frekuensi yang tinggi. Akan tetapi memiliki kekurangan, yaitu lebar pita yang sempit. Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan patch berbentuk sirkular karena dapat menghasilkan lebar pita lebih lebar dibandingkan patch persegi. Lalu pada patch digunakan Teknik pencatutan *inset feed* dengan penambahan H-slot yang dapat meningkatkan *bandwidth* [3].

2. PUSTAKA TERKAIT

2.1 MIMO

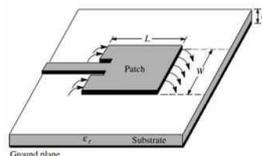
Multiple Input Multiple Output atau MIMO merupakan sebuah sistem yang disusun menggunakan lebih dari satu antena pada sebuah *transceiver* (pengirim) dan *receiver* (penerima). Tidak seperti sistem antena konvensional yang sangat rentan dengan *multipath fading*, sistem MIMO dapat meningkatkan *data rate* dalam *range* yang lebih besar tanpa membutuhkan *bandwidth* atau daya yang lebih besar. 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 [12].

Antena MIMO dapat di susun secara memanjang ataupun dengan susunan lain. Pada proses perancangan, jarak antar elemen yang akan dipasang secara MIMO perlu diperhatikan agar dapat meminimalisir isolasi dan terjadinya bocoran daya antar antena serta meminimalkan terjadinya *mutual coupling*. *Mutual coupling* terjadi karena daya yang dipancarkan sebuah antena diserap oleh antena yang berada didekatnya.

2.2 Antena Mikrostrip

Menurut IEEE *Standard for Definitions of Terms for Antennas* (IEEE Std 145™-2013) antena merupakan suatu alat untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio. Dengan menggunakan bentuk dan desain yang bervariasi diharapkan dapat mempunyai *gain* dan efisiensi yang tinggi, *bandwidth* yang lebar, bobot lebih ringan dan biaya jauh lebih murah [9].

Antena mikrostrip memiliki bentuk yang terdiri dari elemen konduktor peradiasi (*patch*), elemen substrat (*dielectric substrate*) dan elemen pentanahan (*ground plane*) pada sisi lainnya, seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 1 Antena Mikrostrip

2.3 Slot

Pada penerapan antena mikrostrip memiliki metode untuk meningkatkan *bandwidth* yaitu

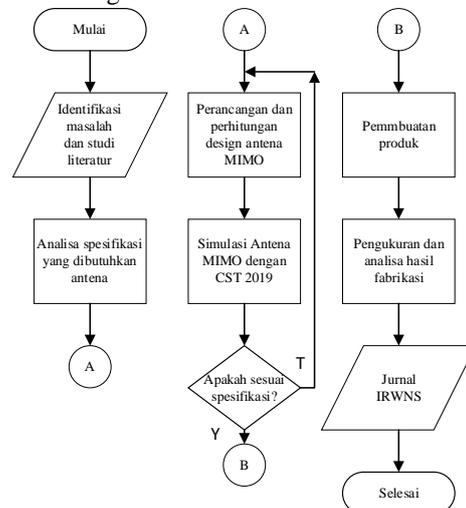
dengan menggunakan substrat yang tebal, konstanta dielektrik yang kecil, dan penambahan slot. Penambahan slot pada patch dapat meningkatkan *bandwidth* dengan mereduksi dimensi antena. Slot pada antena memiliki potensi untuk meningkatkan *bandwidth*. Namun, *bandwidth* dan dimensi antena memiliki sifat yang berlawanan dimana peningkatan salah satu parameter akan mengakibatkan penurunan parameter yang lain.

Dimensi antena dapat tereduksi dengan penambahan slot di sepanjang lintasan resonansi patch. Dengan adanya slot, maka akan memaksa arus untuk merambat dari ujung satu ke ujung lainnya dengan lintasan yang lebih panjang [10]. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, antena mikrostrip dengan slot berbentuk “H” menghasilkan *bandwidth* sebesar 12,5%. Artikel tersebut membahas mengenai karakterisasi antena mikrostrip patch persegi dengan slot berbentuk “H” [11].

3. METODOLOGI PELAKSANAAN

3.1 Perancangan

Terdapat beberapa tahap perancangan yang harus dilakukan, seperti yang ditunjukkan pada *flowchart* gambar 2.



Gambar 2 *Flowchart* Perancangan

3.2 Spesifikasi Antena MIMO

Berikut merupakan spesifikasi yang digunakan sebagai perhitungan untuk mendapatkan nilai dimensi antena MIMO serta spesifikasi yang harus tercapai. Bahan yang digunakan pada perancangan ini yaitu substrat jenis FR-4.

Tabel 1 Spesifikasi Bahan Substrat FR-4

| No | Spesifikasi | Karakteristik |
|----|---|---------------|
| 1 | Permittivitas dielektrik bahan (ϵ_r) | 4.4 |
| 2 | Tebal Dielektrik (mm) | 1.6 |
| 3 | Tebal Plat Konduktor (mm) | 0,035 |

Tabel 2 Spesifikasi Parameter Yang Diinginkan

| No | Spesifikasi | Nilai |
|----|------------------------|----------------|
| 1 | Frekuensi kerja (GHz) | 3,45-3,55 |
| 2 | Frekuensi tengah (GHz) | 3.5 |
| 2 | Return loss | ≥ 10 dB |
| 3 | Gain | > 3 dBi |
| 4 | Bandwith | ≥ 100 MHz |

3.3 Perhitungan

3.3.1 Dimensi Antena

Untuk mendapatkan dimensi patch sirkular, dapat menggunakan persamaan (1) dan (2) [11].

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \times \sqrt{\epsilon_r}} = 1.197 \quad (1)$$

$$a = \frac{10.21 \text{ mm}}{\left(1 + \frac{2.2}{\pi \cdot \epsilon_r} \times \ln\left(\frac{\pi F}{2.2}\right) + 1.7726\right)^{1/2}} = 10.21 \text{ mm} \quad (2)$$

Untuk menentukan dimensi dari *groundplane* dan substrat antena dapat menggunakan persamaan berikut (3) dan (4) [11].

$$lg = 6. h + R = 32.6 \text{ mm} \quad (3)$$

$$wg = 6. h + \frac{\pi}{2} xR = 45.27 \text{ mm} \quad (4)$$

3.3.2 Saluran Feed

Panjang dan lebar dari saluran dapat ditemukan menggunakan persamaan (5) dan (6), namun sebelum mencari panjang terlebih dahulu mencari nilai dari ϵ_{reff} dengan menggunakan persamaan (7) dan (8) [11].

$$lf = \frac{1}{4} \times \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{reff}}} = 11.74 \text{ mm} \quad (5)$$

$$Wf = \frac{2.2}{\pi} \times \left(B - 1 - \ln(2B - 1) + \right.$$

$$\left. \frac{\epsilon_r - 1}{2 \cdot \epsilon_r} \times \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right) = 3.055 \text{ mm} \quad (6)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = 5.64 \quad (7)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \left(\left(1 + \frac{12 \cdot h}{wf} \right) \right)^{-1/2} = 3.329 \quad (8)$$

3.3.3 Inset Feed

Untuk mencari panjang *inset feed* (y_0) dapat menggunakan persamaan (9). Namun,

dilakukan perhitungan untuk mencari nilai G_1 dengan persamaan (10) dan Z_A dengan persamaan (11).

$$Z_B = Z_A \cos^2\left(\frac{\pi}{2} y_0\right) = 5.668 \text{ mm} \quad (9)$$

$$G_1 = \frac{1}{g_0} \left(\frac{\omega}{\lambda_0}\right)^2 = 0.00063 \text{ U} \quad (10)$$

$$Z_A = \frac{1}{2G_1} = 793.65 \text{ } \Omega \quad (11)$$

Setelah panjang *inset* diperoleh, kemudian mencari lebar *inset* dengan menggunakan persamaan (12).

$$x_0 = \frac{L}{\pi} \cos^{-1}\left(\sqrt{\frac{Z_0}{R_{in}}}\right) = 4.280 \text{ mm} \quad (12)$$

Dimana R_{in} merupakan nilai dari impedansi saluran (Z_A)

3.3.4 Transformator

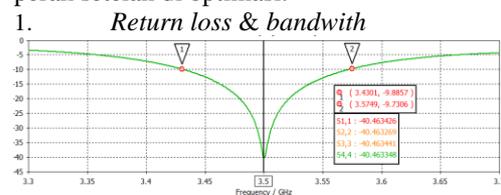
Pada perancangan antena susun diperlukan saluran feed yang terbagi ke masing-masing patch antena. Maka dibuatlah sebuah transformator $\lambda/4$ sebagai *T-Junction* [2]. Untuk mengetahui dimensi dari saluran *T-Junction* dapat menggunakan persamaan (5) dan (6), dengan menghitung terlebih dahulu nilai dari impedansi saluran transformator $\lambda/4$ menggunakan persamaan (13) [13].

$$Z_{o2} = \sqrt{Z_0 x Z_L} = 70.7 \text{ } \Omega \quad (13)$$

Sehingga diperoleh nilai L_{f2} sebesar 11.86 mm dan W_{f2} sebesar 2.3978 mm.

3.4 Simulasi

Setelah dilakukan perancang sesuai dengan perhitungan, selanjutnya dilakukan simulasi dengan menggunakan aplikasi *CST Studio Suite 2019*. Berikut merupakan hasil simulasi dari antena MIMO dengan menggunakan perak setelah di optimasi.



Gambar 3 Return Loss dan Bandwith dari S_{11} - S_{44} setelah optimasi

Dari gambar 3 diperoleh nilai *return loss* pada S_{11} , S_{22} , S_{33} , dan S_{44} yang sama yaitu sebesar 40.46 dB pada frekuensi tengah 3.5 GHz. Lalu diperoleh bandwith sebesar 141 MHz, dengan frekuensi atas sebesar 3.572 Ghz dan frekuensi bawah sebesar 3.431 GHz. Dari parameter tersebut nilai *return loss* dan *bandwith* telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

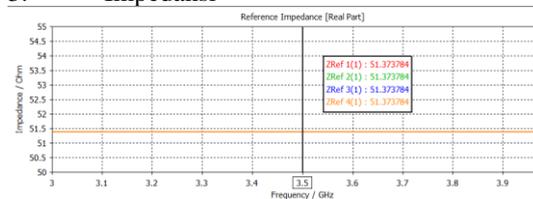
2. *Gain*

| farfield (f=3.5) [1] | |
|----------------------|-------------------|
| Type | Farfield |
| Approximation | enabled (kR >> 1) |
| Component | Abs |
| Output | Gain |
| Frequency | 3.5 GHz |
| Rad. Effic. | -3.143 dB |
| Tot. Effic. | -3.168 dB |
| Gain | 5.545 dBi |

Gambar 4 *Gain 1 array* antenna setelah optimasi

Berdasarkan gambar 4 diperoleh nilai *gain* antenna perak 1 hingga 4 yang sama yaitu sebesar 5.545 dBi pada frekuensi tengah 3.5 GHz. Hasil *gain* yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu lebih dari 3 dBi.

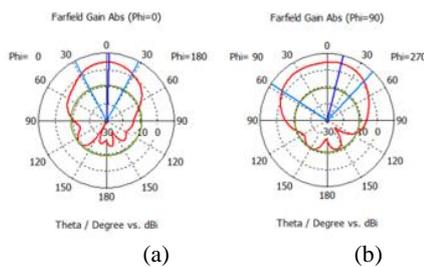
3. Impedansi



Gambar 5 Impedansi antenna 1-4 perak

Berdasarkan gambar 5 diperoleh nilai impedansi antenna perak 1 hingga 4 yang sama yaitu sebesar 51.37 Ω pada frekuensi tengah 3.5 GHz. Hasil impedansi yang diperoleh masih berada dalam batas toleransi yang ditentukan $\pm 2 \Omega$.

4. Pola radiasi



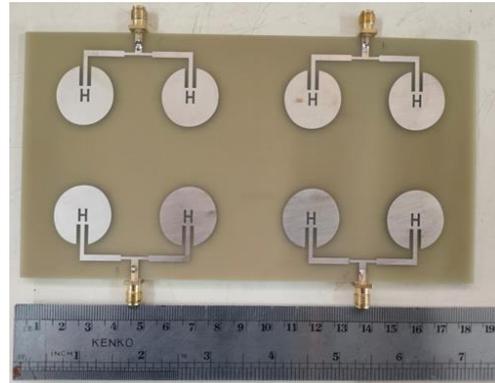
Gambar 6 Pola radiasi H-plane (a) dan E-plane (b)

Berdasarkan gambar 6 pola radiasi H-plane dan E-plane yang dihasilkan merupakan jenis *unidireksional* dimana arah pancaran hanya terfokus ke satu arah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perancangan antenna MIMO dari array 2 patch sirkular H-slot yang telah di optimasi maka hasil perancangan

dapat direalisasikan menjadi antenna menggunakan lapisan perak.



Gambar 7 Hasil fabrikasi antenna

Tabel 3 Hasil realisasi antenna perak

| Parameter | Antena MIMO perak | | | |
|------------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Frekuensi tengah (GHz) | 3.45 | 3.45 | 3.45 | 3.45 |
| Return Loss (dB) | 26.01 | 42.24 | 47.37 | 21.37 |
| Bandwith (MHz) | 138 | 138 | 138 | 167 |
| Impedansi (Ω) | 52.27 | 49.24 | 46.97 | 66.52 |
| Gain (dBi) | 5.35 | | | |
| Pola Radiasi | Unidirectional | | | |

Dalam pengujian antenna diukur menggunakan *Vector Network Analyzer*. Pada pengukuran parameter antenna masing-masing *port* pada antenna diukur secara bergantian. Untuk rata-rata *return loss* yang diperoleh yaitu sebesar 34.24 dB dimana lebih kecil dibandingkan dengan simulasi yaitu selisih 6.22 dB dengan frekuensi tengah 3.45 GHz. Frekuensi tengah yang dihasilkan bergeser sebesar 50 MHz dibandingkan dengan simulasi. Nilai rata-rata *bandwith* yang diperoleh yaitu sebesar 145.25 MHz dimana hasil tersebut lebih lebar 4.25 MHz dibandingkan dengan simulasi.

Pada proses pengukuran *gain* antenna, langkah awal yang perlu dilakukan yaitu mencari daya terima maximum antenna referensi. Dengan menggunakan antenna *horn* sebagai antenna referensi yang bertindak sebagai *receiver* (RX). Lalu dibandingkan dengan antenna sumber yang bertindak sebagai *transmitter* (TX). Maka *gain* antenna dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$G_{\text{Test}} \text{ (dBi)} = P_{\text{Test}} \text{ (dBm)} - P_{\text{Ref}} \text{ (dBm)} + 12 \text{ (14)}$$

Maka *gain* total antenna keseluruhan yang dihasilkan dalam pengukuran yang telah dilakukan yaitu sebesar 5.35 dBi. Hasil yang diperoleh mengalami penurunan sebesar 0.195 dBi dibandingkan dengan simulasi. Pada pengukuran pola radiasi diperoleh bentuk *unidirectional*.

Pada parameter frekuensi tengah, *return loss*, *bandwidth* dan *gain* diperoleh hasil yang berbeda antara realisasi dengan simulasi. Hal ini disebabkan karena perak mempunyai konduksi listrik, konduktivitas termal, dan reflektivitas yang baik dan tidak merusak antenna yang sudah dicetak. Penggunaan tembaga pada antenna mikrostrip rentan akan korosi dengan sangat cepat sehingga daya tahan akan berkurang seiring nya waktu. Selain itu, pengaruh dalam penyolderan konektor ke antenna dapat mempengaruhi nilai parameter yang akan diukur, adanya suhu yang sangat panas pada bagian konektor dengan antenna menyebabkan parameter menjadi berkurang dibandingkan dengan hasil simulasi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian telah dilakukan perancangan dan realisasi antenna MIMO dengan array 2 *patch* sirkular H-slot. Dari pengujian antenna hasil realisasi didapat rata-rata parameter diantaranya, frekuensi tengah 3.45 GHz, *return loss* 34.24 dB, *bandwidth* 145.25 MHz, *gain* 5.35 dBi dan pola radiasi *unidirectional*. Namun terdapat perbedaan antara hasil simulasi dan hasil realisasi diantaranya yaitu frekuensi tengah dari 3.5 GHz menjadi 3.45 GHz dimana bergeser sebesar 50 MHz, *return loss* dari 40.46 dB menjadi 34.24 dB dimana mengalami penurunan sebesar 6.22 dB, *bandwidth* dari 141 MHz menjadi 145.25 MHz dimana mengalami pelebaran sebesar 4.25 MHz dan *gain* dari 5.545 dBi menjadi 5.35 dBi dimana mengalami penurunan sebesar 0.195 dBi. Akan tetapi hasil realisasi dan hasil simulasi keduanya telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis perlu kaji kembali mengenai pengukuran sebaiknya dilakukan di ruangan kedap pantulan sehingga tidak mempengaruhi parameter yang sedang diukur dan perlu diperhatikan pemilihan substrat FR-4 sesuai

dengan spesifikasi yang diperlukan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. U. Mustakim, "Tantangan Implementasi 5G di Indonesia," *INTEGER: Journal of Information Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 26-36, 2019.
- [2] W. A. S. Pradina, H. Wijanto dan T. Yunita, "ANTENA MIMO 4x2 SUSUNAN 2 ELEMEN MIKROSTRIP PATCH SIRKULAR 3,5GHz UNTUK BTS 5G," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 2, p. 1287, 2021.
- [3] A. S. Ruswanditya, H. Wijanto dan Y. Wahyu, "ANTENA MIKROSTRIP MIMO 8x8 ARRAY 2 PATCH RECTANGULAR H-SLOT UNTUK RADIO AKSES 5G FREKUENSI 15 GHZ," *TETRIKA*, 2018.
- [4] S. U dan M. Ulfah, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Mimo 2x2 dan 4x4 Circular Patch Dengan Frekuensi 2300-2400 Mhz untuk Teknologi 4G LTE," *THETA OMEGA*, 2021.
- [5] F. W. Ardianto, N. M. A dan B. Syihabuddin, "Analisis Simulasi Antena MIMO 4 4 Susunan Persegi dan Sirkular pada Frekuensi 15 GHz," *JNTETI*, vol. 7, no. 2, p. 174, 2018.
- [6] N. Aprilita, H. Ludyati dan D. Saefudin, "Metode Peningkatan Kinerja Broadband Antena Mimo 4x4 Menggunakan Dielektrik Termodifikasi pada Frekuensi 1800 MHz," *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2020.
- [7] A. R. Aji, L. O. Nur dan B. Syihabuddin, "PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP ARRAY BERBENTUK PATCH SEGIENAM UNTUK MIMO 4X4 PADA FREKUENSI 15 GHZ," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 5, no. 3, p. 5312, 2018.
- [8] I. M. Budi, E. S. Nugraha dan A. Agung, "Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMO Circular Pada Frekuensi 2,35 Ghz Untuk Aplikasi LTE," *JURNAL INFOTEL*, 2017.
- [9] H. Madiawati dan A. B. Simanjuntak, "Desain dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Rectangular Array dengan Slit pada Frekuensi 2620-2690 MHz untuk Aplikasi LTE," *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmuan Aplikasi Teknik*, vol. 19, no. 02, pp. 110-119, 2020.

- [10] A. Das, M. N. Mohanty dan R. Mishra, "Optimized Design of H-Slot Antenna for Bandwidth Improvement," *IEEE Power, Communication and Information Technology Conference (PCITC)*, pp. 563-567, 2015.
- [11] C. A. Balanis, *Antena Theory Analysis and Design Third Edition*, Canada: JOHN WILEY AND SONS LTD, 2005.
- [12] M. C. Putri, "Antnea Array," 11 10 2014. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/mustikacahyaputri/antena-array-40140764>. [Diakses 10 03 2022].
- [13] N. Aprilita, H. Ludyati dan D. Saefudin, "Metode Peningkatan Kinerja Broadband Antena Mimo 4x4 Menggunakan Dielektrik Termodifikasi pada Frekuensi 1800 MHz," *IRWNS*, 2020.