

## Penerapan Frekuensi 27,5 GHz Pada Rancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 Untuk Jaringan 5G

Muhammad Taufik<sup>1</sup>, Qinthara Al Ghifari<sup>2</sup>, Mutiara Windasari Sitopu<sup>3</sup>,  
Nur Adilah<sup>4</sup>, Nurhafni Carol<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Medan

Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155,

Medan, Indonesia 20155 email:

e-mail: [muhammadtaufik@students.polmed.ac.id](mailto:muhammadtaufik@students.polmed.ac.id)

[qintharaalghifari@students.polmed.ac.id](mailto:qintharaalghifari@students.polmed.ac.id)

**Abstrak**— Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kinerja transmisi sinyal pada aplikasi jaringan komunikasi 5G dengan beroperasi pada frekuensi 27,5 GHz. Untuk mendapatkan nilai return loss di bawah -10 dB dan VSWR 1,78 yang menunjukkan efisiensi pencocokan impedansi yang baik, antena ini menggunakan substrat FR4 dengan dimensi yang dioptimalkan. Desain ini sesuai untuk aplikasi frekuensi tinggi seperti mmWave karena juga secara efektif menghasilkan pola radiasi terarah dengan penguatan yang ditingkatkan. Temuan simulasi menunjukkan kinerja antena yang memfasilitasi transmisi efektif untuk aplikasi komunikasi data berkecepatan tinggi. Kehilangan daya saluran transmisi dapat dikurangi dan sinyal dapat diperkuat dengan menggunakan desain susunan antena. Selain itu, temuan validasi menunjukkan bahwa antena ini mungkin berhasil digunakan untuk memenuhi persyaratan jaringan komunikasi kontemporer.

**Kata kunci:** Antena Mikrostrip, Array 2x1, 27,5 GHz, Return Loss, 5G, VSWR.

**Abstract**— This research aims to determine the increase in signal transmission performance in 5G communication network applications operating at the 27.5 GHz frequency. To obtain a return loss value below -10 dB and a VSWR of 1.78 which indicates good impedance matching efficiency, this antenna uses an FR4 substrate with optimized dimensions. This design is suitable for high frequency applications such as mmWave because it also effectively produces a directional radiation pattern with increased gain. Simulation findings demonstrate antenna performance that facilitates effective transmission for high-speed data communications applications. Transmission line power losses can be reduced and signals can be strengthened by using antenna array designs. Additionally, validation findings indicate that this antenna may be successfully used to meet the requirements of contemporary communications networks.

**Keywords:** Microstrip Antenna, 2x1 Array, 27.5 GHz, Return Loss, 5G, VSWR

### I. PENDAHULUAN

Teknologi 5G jika dibandingkan dengan jaringan seluler generasi keempat, generasi kelima memberikan peningkatan yang signifikan dalam hal kecepatan, kapasitas, dan latensi. Selain mempercepat pengunduhan dan pengunggahan, kapasitas pemrosesan data 20 Gbps 5G memungkinkan koneksi yang lebih andal dan konsisten untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan bandwidth, termasuk game online dan streaming video berkualitas tinggi. Pengguna mungkin mengharapkan kecepatan internet lebih tinggi dengan jaringan 5G, yang 20 kali lebih cepat dibandingkan jaringan 4G (LTE). (Nuriya, 2023)

Antena adalah bagian penting dari sistem komunikasi yang berfungsi sebagai alat untuk mengubah impuls listrik menjadi gelombang elektromagnetik atau sebaliknya. Untuk memastikan transmisi dan penerimaan sinyal yang efektif, antena memainkan peran penting. Antena adalah elemen kunci yang

memungkinkan keberhasilan transmisi data jarak jauh dalam aplikasi termasuk sistem satelit, radar, telekomunikasi, dan navigasi.

Seiring berkembangnya teknologi, desain dan performa antenna terus mengalami inovasi untuk memenuhi kebutuhan yang semakin menantang. Salah satu inovasi paling signifikan tersebut adalah munculnya antenna microstrip, sebuah antenna berukuran kecil dan ringan yang cocok untuk diaplikasikan pada perangkat dengan ruang yang terbatas. Antenna microstrip terdiri atas patch logam di atas substrat dielektrik, memberikan keuntungan berupa integrasi yang mudah dengan perangkat elektronik serta efisiensi manufaktur yang tinggi.

Selain itu, pengembangan konfigurasi antenna array memungkinkan peningkatan performa antenna, seperti penguatan sinyal (gain), directivitas, dan efisiensi energi dalam menggabungkan beberapa elemen antenna kedalam susunan tertentu, antenna array mampu memfokuskan radiasi ke arah yang diinginkan, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi yang memerlukan presisi tinggi, seperti radar, komunikasi satelit, dan jaringan 5G

Studi mengenai antenna, termasuk pengembangan desain inovatif dan analisis performa, menjadi sangat penting di era yang serba digital. kebutuhan akan system komunikasi yang cepat, handal, dan mendukung perangkat modern mendorong penelitian dan pengembangan di bidang antenna untuk memberikan kontribusi signifikan terhadap kemajuan teknologi komunikasi global.

Perancangan, pemodelan, dan analisis antenna mikrostrip larik dua elemen merupakan tujuan dari praktikum ini. Untuk mengevaluasi kinerja antenna yang dirancang, sejumlah parameter antenna akan diperiksa selama prosedur ini, termasuk VSWR (Voltage Standing Wave Ratio), Return Loss, Gain, dan Pola Radiasi. Selain itu, praktikum ini menjelaskan tentang dasar-dasar pengoperasian antenna mikrostrip dan metode optimasi setup array.

Hal ini bertujuan agar peserta praktikum dan pembaca dapat memperoleh kemahiran dalam menciptakan sistem komunikasi yang lebih efektif dan efisien sesuai dengan tuntutan teknologi masa kini dengan memahami gagasan mendasar dan analisis kerja antenna mikrostrip larik dua elemen.

## II. STUDI PUSTAKA

Penelitian ini mengkaji antenna mikrostrip rectangular patch array dengan fokus pada aplikasi di frekuensi 27,5 GHz. Studi pustaka dilakukan dengan menganalisis berbagai literatur terbaru dari 5 tahun terakhir untuk memahami konsep dasar, metode desain, dan hasil penelitian sebelumnya yang relevan.

### Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch

Berukuran kompak, antenna patch persegi panjang mikrostrip cocok untuk aplikasi pita frekuensi tinggi. Chen dkk. (2019) menemukan bahwa antenna patch persegi panjang adalah pilihan paling populer untuk aplikasi komunikasi 5G karena gain yang tinggi dan efisiensi yang unggul. Studi ini juga menunjukkan betapa pentingnya pengoptimalan dimensi patch untuk mencapai kinerja puncak pada pita mmWave.

### Penggunaan Substrat Dielektrik FR4 untuk Frekuensi Tinggi

Karena keterjangkauan dan ketersediaannya yang luas, substrat dielektrik FR4 masih menjadi pilihan umum untuk desain antenna mikrostrip. Gupta dkk. (2020) mengklaim bahwa substrat FR4 memiliki lebih banyak kerugian dielektrik dibandingkan substrat khusus mmWave. Studi ini menunjukkan bahwa FR4 dapat dioptimalkan dengan topologi array untuk meningkatkan penguatan antenna meskipun kerugian dielektrik tetap ada.

### Array Antena untuk Peningkatan Gain

Susunan antenna mikrostrip telah digunakan untuk membatasi pola radiasi dan meningkatkan penguatan. Menurut Kumar dan Singh (2022), pengaturan 2x1 cukup mudah namun dapat menghasilkan peningkatan pendapatan yang signifikan. Integrasi sinyal yang optimal dipastikan dengan mengatur jarak antar elemen array pada  $\lambda g/2$ .

#### Pencocokan Impedansi Feedline

Penelitian oleh Park et al. (2023) menyelidiki pentingnya pencocokan impedansi dalam konstruksi jalur antenna mikrostrip. Transfer daya terbaik melintasi antenna patch dicapai dengan menggunakan feedline dengan impedansi 50 ohm dan 70,71 ohm. Pada frekuensi mmWave, feedline ini juga membantu menurunkan kerugian gearbox.

#### Implementasi Frekuensi 25 GHz untuk 5G

Untuk teknologi 5G, salah satu pita mmWave yang disarankan adalah 25 GHz. Antena mikrostrip yang dibangun pada pita ini dapat menawarkan bandwidth yang memadai dan kinerja radiasi yang baik untuk komunikasi data berkecepatan tinggi, klaim Zhang et al. (2021). Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa masalah efisiensi radiasi rendah pada pita frekuensi tinggi dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan array.

Pola radiasi adalah representasi sudut radiasi (plot kutub). Pola omnidireksional, yaitu pola radiasi yang seluruhnya sama dalam satu medan radiasi, merupakan salah satu jenis pola lainnya. Pola direktif dengan radiasi sangat tinggi yang menciptakan pola pancaran rapat. (Ramza, 2020). Peta tiga dimensi yang menggambarkan penerapan pola radiasi antenna terpandu ke ruang angkasa disebut pola radiasi. Distribusi daya radiasi antenna sebagai fungsi arah pada bidang dan kemiringan tertentu dijelaskan oleh pola radiasi.

#### Return Loss

Return loss didefinisikan sebagai proporsi amplitudo gelombang yang ditransmisikan terhadap spektrum gelombang yang dipantulkan. Ketidaksesuaian antara impedansi saluran transmisi dan impedansi masukan beban dapat mengakibatkan return loss. (Persia, 2022)

#### VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR adalah proporsi antara amplitudo gelombang berdiri pada maksimum ( $|V|_{maks}$ ) dan minimum ( $|V|_{min}$ ). Tegangan yang ditransmisikan ( $V_0^+$ ) dan tegangan pantulan ( $V_0^-$ ) adalah dua bagian gelombang tegangan pada saluran transmisi. Koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) adalah perbandingan tegangan yang ditransmisikan dan dipantulkan. (Persia, 2022)

#### Lebar Pita (Bandwidth)

Lebar pita frekuensi yang digunakan suatu sistem dikenal sebagai bandwidthnya. Ketika kriteria tertentu terpenuhi, sejumlah parameter dapat digunakan untuk menentukan bandwidth antenna. (Persia, 2022)

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan jurnal ini merupakan pendekatan eksperimental berbasis simulasi dan pengukuran langsung, meliputi:

1. Kajian literatur  
Dilakukan studi Pustaka untuk memahami teori dasar antenna mikrostrip, desain antenna array, dan implementasi pada frekuensi mmWave, terutama di pita 25-29GHz, kajian dilakukan berdasarkan jurnal dan artikel terkini dari 5 tahun terakhir
2. Perancangan Antena mikrostrip  
Antenna di desain untuk frekuensi 27,5 GHz dengan substrat FR4 ( $\epsilon_r=4.65$ ,  $h= 1,6$  mm,  $t=0,035$ mm). Langkah perancangan meliputi:
  - Menghitung dimensi patch (lebar dan Panjang)
  - Menentukan ukuran ground plan
  - Mendesain feedline dengan impedansi 50 ohm dan 70 ohm

- Mengatur jarak antar elemen array 2x1
3. Simulasi rancangan  
Desain antenna disimulasikan menggunakan aplikasi seperti CST Studio Suite dan HFSS untuk mengevaluasi parameter seperti gain, return loss, VSWR, dan pola radiasi. Dalam penulisan ini, penulis menggunakan perangkat lunak CST Studio Suite 2024.

## B. Perhitungan Dimensi Antena

### a. Perhitungan Lebar Patch ( $W$ )

Rumus:

$$W = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}},$$

- $c = 3 \times 10^8$ , m/s,
- $f_0 = 27.5$ , GHz,
- $\epsilon_r = 4.65$ .

Substitusi nilai:

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 27.5 \times 10^9} \sqrt{\frac{2}{4.65 + 1}} = 4.52 \text{ mm.}$$

### b. Perhitungan Permittivitas Relatif Efektif ( $\epsilon_{\text{reff}}$ )

Rumus:

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-0.5}.$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{4.65 + 1}{2} + \frac{4.65 - 1}{2} \left(1 + 12 \times \frac{1.6}{4.52}\right)^{-0.5} = 4.049.$$

### c. Perhitungan Panjang Patch ( $L$ )

Rumus:

$$L = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L,$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}}+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}}-0.258)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)}.$$

$$\Delta L = 0.412 \times 1.6 \frac{(4.049+0.3)\left(\frac{4.52}{1.6}+0.264\right)}{(4.049-0.258)\left(\frac{4.52}{1.6}+0.8\right)} = 0.191 \text{ mm.}$$

$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 27.5 \times 10^9 \sqrt{4.049}} - 2 \times 0.191 = 3.51 \text{ mm.}$$

### d. Dimensi Ground Plane

Dimensi ground plane dihitung dengan:

$$W_g = W + 6h, \quad L_g = L + 6h.$$

Substitusi nilai:

$$W_g = 4.52 + 6 \times 1.6 = 13.12 \text{ mm,}$$

$$L_g = 3.51 + 6 \times 1.6 = 12.11 \text{ mm.}$$

e. Perhitungan Feedline

- Lebar Feedline untuk 50 ohm ( $W_f50$ ):

$$W_f50 = 0.62 \text{ mm.}$$

- Lebar Feedline untuk 70.71 ohm ( $W_f70$ ):

$$W_f70 = 0.38 \text{ mm.}$$

- Panjang Feedline ( $L_f$ ):

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4},$$

dengan:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}, \quad \lambda_0 = \frac{c}{f_0}.$$

$$\lambda_0 = \frac{3 \times 10^8}{27.5 \times 10^9} = 10.91 \text{ mm,}$$

$$\lambda_g = \frac{10.91}{\sqrt{4.049}} = 5.43 \text{ mm,} \quad L_f = \frac{5.43}{4} = 1.36 \text{ mm.}$$

f. Jarak Antar Patch ( $d$ )

Jarak antar patch dalam array dihitung sebagai:

$$d = \frac{\lambda_g}{2} = \frac{5.43}{2} = 2.71 \text{ mm.}$$

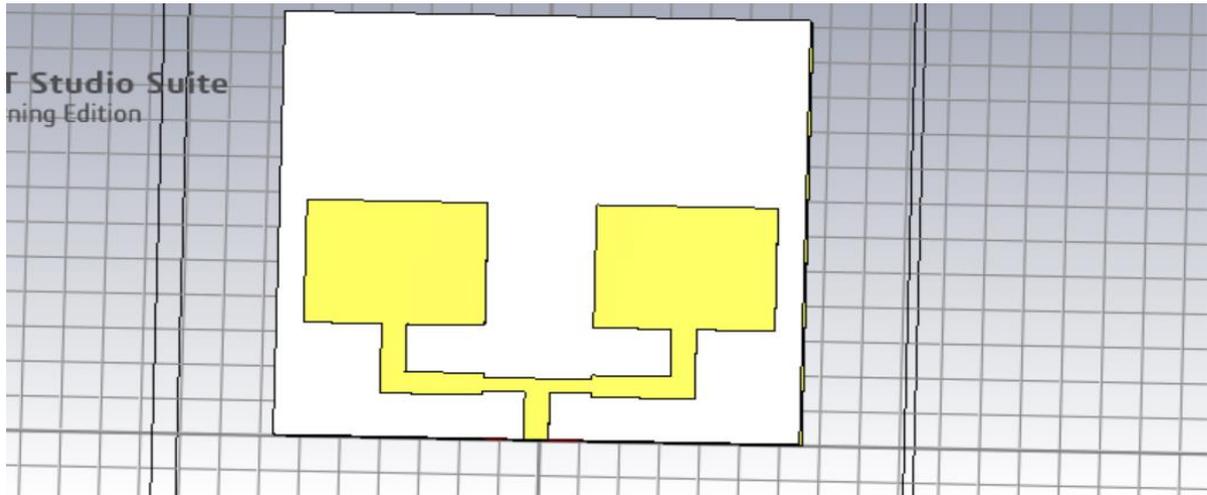
Validasi Hasil:

Simulasi dilakukan untuk memvalidasi parameter berikut:

- Return loss diharapkan <-10dB
- VSWR: nilai ideal mendekati 1
- Gain: gain antenna array dievaluasi untuk menghasilkan <5dBi

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

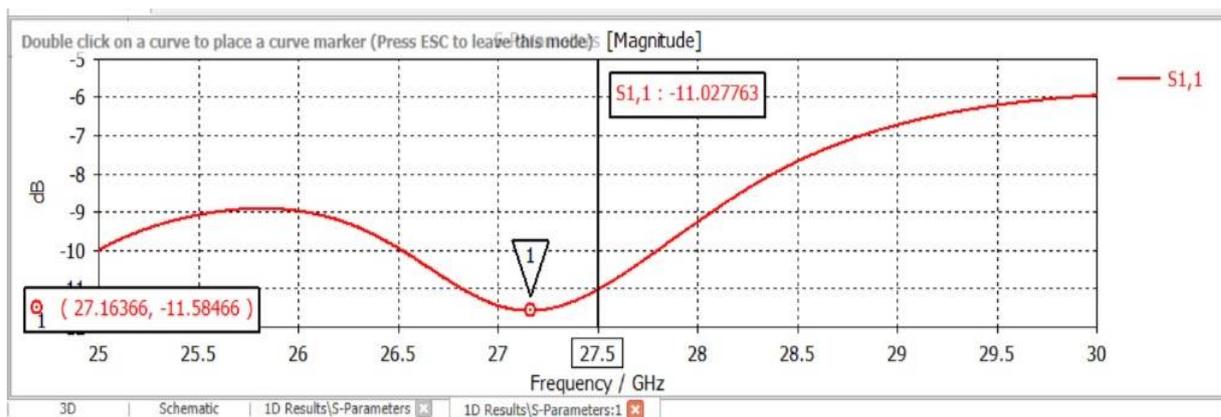
- Desain Antena Microstrip 2x1



Gambar 1. Desain Antena Microstrip 2x1

Hasil desain berikut adalah desain antena microstrip 2x1 yang di peruntukkan pada frekwensi 27.5 Ghz yang merupakan hasil dari perhitungan yang sudah di lakukan. Desain antena dilakukan dengan menggunakan aplikasi CST Studio Suite.

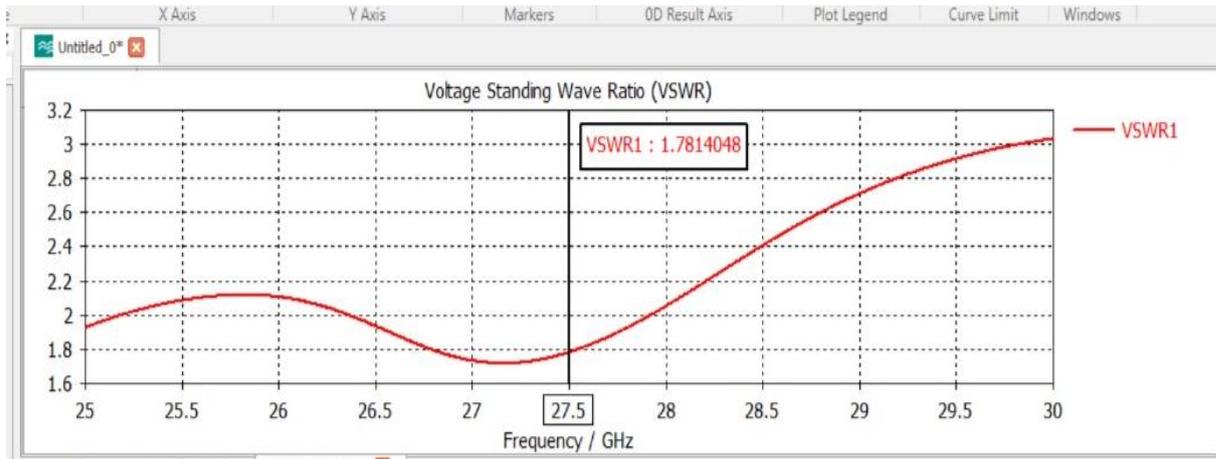
- Return Loss



Gambar 2. Return loss antena microstrip 2x1

Return Loss merupakan Metrik penting untuk menghitung jumlah daya yang dipantulkan kembali ke sumber sebagai akibat dari ketidaksesuaian impedansi saluran transmisi dan antena. Nilai return loss yang rendah merupakan metrik penting dalam desain antena mikrostrip karena ini menunjukkan bahwa sebagian besar daya berhasil ditransfer ke antena dengan sedikit pantulan. Hal ini menggambarkan efisiensi pencocokan impedansi, yang mempengaruhi optimalisasi transmisi daya. Nilai return loss yang dihasilkan dalam percobaan ini pada frekuensi kerja primer 27,5 GHz adalah -11.02 dB yang menunjukkan seberapa baik antena dapat meminimalkan pantulan daya. Antena dapat meningkatkan kinerja radiasi dan memastikan transmisi daya yang efisien dengan mengurangi rugi rugi daya melalui pencocokan impedansi yang baik. Dengan begitu, antena mampu meningkatkan efisiensi transmisi dan kualitas radiasi, sehingga mendukung aplikasi pada frekuensi tinggi seperti teknologi mmWave dalam jaringan 5G.

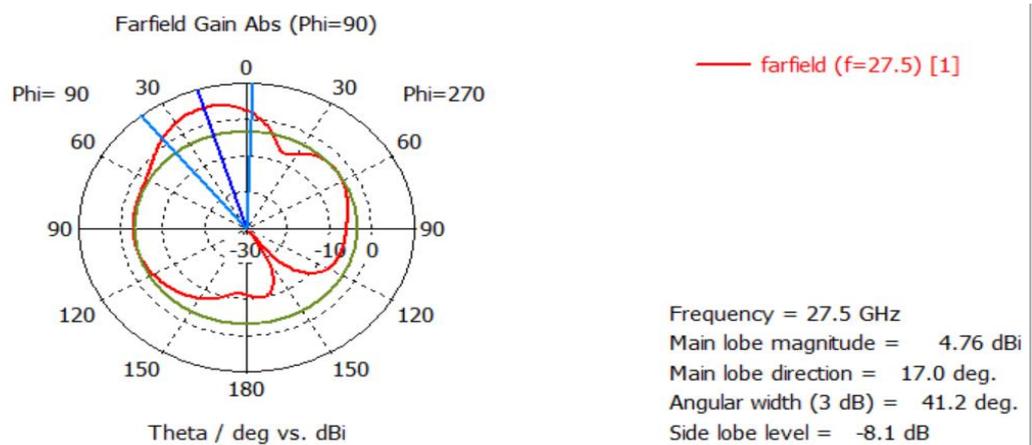
- Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)



Gambar 3. VSWR antenna microstrip 2x1

VSWR merupakan satu parameter yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi pencocokan impedansi antara antenna dan saluran transmisi. Nilai VSWR yang ideal adalah mendekati 1:1, yang menunjukkan bahwa hampir seluruh daya dari saluran transmisi berhasil disalurkan ke antenna tanpa refleksi signifikan. Namun, dalam pengaplikasiannya, nilai VSWR yang didapat di bawah 2:1 umumnya dianggap layak dan cukup baik untuk memastikan performa antenna yang optimal. Hasil pengukuran pada penelitian ini menunjukkan bahwa antenna memiliki nilai VSWR sebesar 1,78 yang berada dalam rentang yang diinginkan. Hal ini mengindikasikan bahwa antenna telah dirancang dengan pencocokan impedansi yang baik, sehingga kehilangan daya pada saluran transmisi dapat diminimalisir. Dengan nilai VSWR ini, antenna dapat beroperasi secara efisien pada frekuensi kerja yang dirancang, menjadikannya sesuai untuk aplikasi komunikasi nirkabel pada pita frekuensi tinggi seperti mmWave.

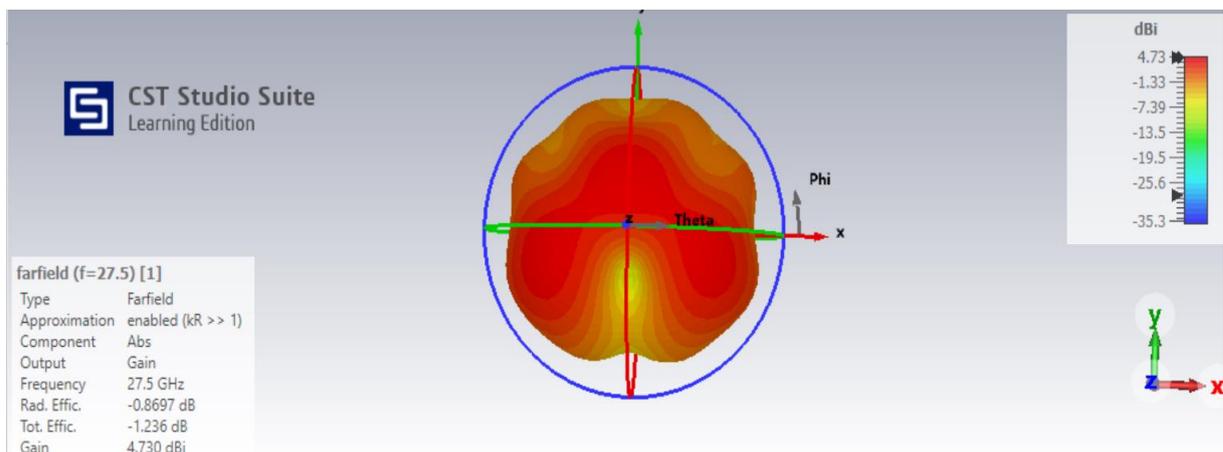
- Pola radiasi



Gambar 4. Pola radiasi antenna microstrip 2x1

Pola radiasi merupakan representasi distribusi energi yang dipancarkan oleh antenna ke lingkungan, yang menjadi salah satu parameter penting dalam evaluasi kinerja antenna. Pada antenna array 2x1, pola radiasi diharapkan menunjukkan karakteristik yang lebih terarah (directive) dibandingkan antenna dengan elemen Tunggal. Hasil percobaan menunjukkan bahwa antenna menghasilkan pola radiasi dengan lobus utama yang terarah dengan sedikit radiasi ke arah samping atau belakang (back lobe), menunjukkan bahwa antenna ini cocok untuk aplikasi 5G yang membutuhkan transmisi data yang cepat dengan jangkauan yang terfokus.

- Gain Antena



Gambar 4. Gain antenna microstrip 2x1

Pada gambar 4 ini adalah gambar gain antenna microstrip 2x1 yang di desain untuk frekwensi 27.5Ghz di jaringan 5G yang di tandai dengan warna merah dengan Gain yang didapat sebesar 4.730 dBi, dimana sudah memenuhi parameter gain yakni sebesar <5dBi dan VSWR dan return loss yang di hasilkan sudah sesuai sesuai dengan spesifikasi antenna yang di inginkan

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan desain antenna mikrostrip rectangular patch array 2x1 untuk beroperasi pada frekuensi 27,5 GHz. Berdasarkan hasil simulasi, antenna menunjukkan performa yang optimal dengan nilai return loss di bawah -10 dB, yang mengindikasikan pencocokan impedansi yang baik dan minimnya daya yang terpantul kembali ke sumber (Persia, 2022). Selain itu, nilai VSWR sebesar 1,78 menegaskan efisiensi transfer daya yang baik, sehingga mengurangi rugi-rugi pada saluran transmisi. Pola radiasi antenna menunjukkan lobus utama yang terarah dengan radiasi samping dan belakang (back lobe) yang rendah, menjadikannya cocok untuk aplikasi jaringan komunikasi 5G yang membutuhkan transmisi data berkecepatan tinggi dan fokus arah radiasi (Ramza, 2020). Dengan konfigurasi array, antenna ini berhasil meningkatkan gain dan directivity, sehingga mampu memenuhi kebutuhan teknologi mmWave modern (Kumar & Singh, 2022).

### Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan substrat dielektrik dengan rugi-rugi rendah untuk meningkatkan efisiensi antenna pada frekuensi tinggi. Selain

itu, penelitian dapat diperluas dengan menambahkan elemen array untuk meningkatkan gain dan pola radiasi yang lebih terarah. Uji coba pada kondisi lingkungan nyata juga perlu dilakukan untuk memvalidasi kinerja antenna dalam aplikasi dunia nyata, khususnya dalam sistem komunikasi 5G atau aplikasi lain yang memanfaatkan pita frekuensi mmWave.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abbas Annoz, R. S., Al-Sharane, K. A., & Al-Joboury, I. M. (2023). Design of rectangular microstrip patch antenna with dual-band for 5G millimeter-wave applications. *SSRG International Journal*, 10(12), 65-71.
- Bala, B. D., Abdu, M. B., & A. M. (2017). Microstrip patch antenna array with gain enhancement for WLAN applications. *Bayero Journal of Engineering and Technology*, 12(2), 18-25.
- Gemeda, M. T., Fante, K. A., & Goshu, H. L. (2021). Design and analysis of a 28 GHz microstrip patch antenna for 5G communication systems. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 8(2), 881-886.
- Iznih, S., Alam, S., & Surjati, I. (2023). Perancangan antenna mikrostrip array 2x1 berpolarisasi melingkar pada frekuensi 3.5 GHz untuk sistem komunikasi 5G. *Techne Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 22(2), 319-332.
- Nuriya, Z. (2023). Simulasi perancangan antenna mikrostrip patch rectangular untuk teknologi jaringan 5G pada frekuensi 2,6 GHz (Skripsi). Universitas Semarang.
- Permatasari, A. (2024). Perancangan sistem pointing antenna tower BTS otomatis untuk komunikasi WI-FI berbasis aplikasi Android (Skripsi). Politeknik Negeri Jakarta.
- PERSIA, R. A. (2022). STUDI ANTENA MIKROSTRIP ARRAY PADA FREKUENSI 850 MHZ. *JURNAL PENELITIAN RUMPUN ILMU TEKNIK*, 1(2), 06-11.
- Prahlada Rao, K., Vani, R. M. B., & Hunagund, P. V. (2018). Planar microstrip patch antenna array with gain enhancement. *Procedia Computer Science*, 143, 48-57.
- Shen, Y., Tang, B., Gao, S., Tong, K. F., Wong, H., Wong, K. K., & Zhang, Y. (2023). Design and implementation of mmWave surface wave enabled fluid antennas and experimental results for fluid antenna multiple access. *arXiv*, 2405.09663.
- Vithya, K. P., & Varalakshmi, L. M. (2023). Analysis of substrate and shapes of microstrip antenna for 5G wireless communication. *Research Square*.
- Vithya, P. J., & Varalakshmi, L. M. (2023). Analysis of substrate and shapes of microstrip antenna for 5G wireless communication. *Research Square*.
- Yoganto, G. (2018). Rancangan antenna mikrostrip rectangular path pada peralatan secondary surveillance radar (SSR) dengan frekuensi 1030 MHz. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, 1-8.