

DESAIN ANTENA MIKROSTRIP *FOLDED DIPOLE* PADA JARINGAN SELULAR 5G

¹⁾Steven Dafa A ²⁾Rohim Aminullah Firdaus ³⁾Endah Rahmawati ⁴⁾M. Khoiro ⁵⁾N.Winarno

¹⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: steven.19028@mhs.unesa.ac.id

²⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: rohimfirdaus@unesa.ac.id

³⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: endahrahmawati@unesa.ac.id

⁴⁾Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: muhimmatulkhoiro@unesa.ac.id

⁵⁾Departemen Pendidikan Sains, Universitas Pendidikan Indonesia, email: nanang_winarno@upi.edu

Abstrak

Artikel penelitian ini membahas tentang antena patch mikrostrip yang dibuat untuk komunikasi nirkabel. Bahan substrat yang digunakan yaitu *FR-4 (lossy)* dengan permitivitas dielektrik 4,3. Antena ini dirancang dengan menggunakan software CST Studio Suite. Desain antena patch mikrostrip yang ukurannya kecil, mudah difabrikasi, dan biaya yang murah telah dianalisis dalam artikel ini. Dari antena yang diusulkan memiliki *return loss* -34 dB dengan *bandwidth* sebesar 268 MHz pada *return loss* dibawah -10 dB. VSWR terendah pada frekuensi 3,5 GHz yaitu sebesar 1,01868. Antena ini dapat diaplikasikan pada ponsel, dan aplikasi LAN nirkabel.

Kata Kunci: *FR-4, Return loss, Bandwidth, VSWR*

Abstract

This research article discusses microstrip patch antennas designed for wireless communication. The substrate material used is *FR-4 (lossy)* with a dielectric permittivity of 4.3. This antenna is designed using CST Studio Suite software. The design of the small-sized microstrip patch antenna, which is easy to fabricate and low-cost, has been analyzed in this article. The proposed antenna has a *return loss* of -34 dB with a *bandwidth* of 268 MHz at a *return loss* below -10 dB. The lowest VSWR at a frequency of 3.5 GHz is 1.01868. This antenna can be applied to radar systems, mobile phones, and wireless LAN applications.

Keywords: *FR-4, Return loss, Bandwidth, VSWR*

I. PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang disebabkan oleh muatan listrik yang bergerak dengan cepat dan kombinasi dari medan listrik dan magnet. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat dikatakan tidak terlihat, sehingga akan sulit untuk divisualisasikan. Salah satu metode yang telah diajukan adalah metode *Finite Difference Time Domain (FDTD)*. Kane Yee pertama kali memperkenalkan metode *FDTD* pada tahun 1966 untuk menggambarkan proses propagasi gelombang elektromagnetik di ruang bebas. (Yee K, 1996). Keuntungan dari metode ini adalah kemudahan dalam menulis bahasa pemrograman tergantung pada domain waktu gelombang elektromagnetik dan dapat divisualisasikan. Selain itu, metode *FDTD* dapat menganalisis persamaan integral dan diferensial dengan lebih mudah dibandingkan metode lainnya.

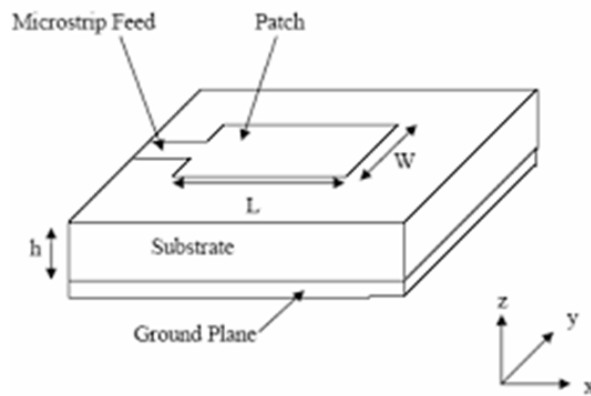
Antena mikrostrip adalah komponen penting dalam sistem aplikasi wireless yang saat ini terus dikembangkan. Antena mikrostrip sering digunakan pada aplikasi wireless yaitu WLAN (Sastry & Sankar, 2014). Antena mikrostrip dibuat pada satu atau lebih dielektrik substrat, yang terdiri dari tiga bagian yaitu saluran transmisi, elemen peradiasi atau patch antena, dan elemen ground. Antena mikrostrip memiliki beberapa kelebihan antara lain ukuran kecil, dapat dirancang sesuai permukaan secara sederhana dengan biaya murah, dan kuat secara mekanis (Singh, dkk, 2014). Antena mikrostrip memiliki bentuk yang sederhana, ekonomis, dan efisien. Hal ini menjadikan antena mikrostrip menjadi topik yang menarik dalam berbagai aplikasi gelombang mikro, baik di bidang industri, akademisi, maupun penelitian. Antena ini dapat didesain dalam berbagai macam variasi bentuk, sehingga pengaplikasian antena mikrostrip dapat digunakan pada komunikasi satelit, WiFi, dan WiMax (Surjati, 2010).

Antena mikrostrip sangat populer karena bentuknya yang kecil, ringan, mudah difabrikasi, dan lain-lain. Akan tetapi antena mikrostrip juga mempunyai kelemahan seperti bandwidth yang sempit, gain dan direktivitas yang kecil, serta efisiensi yang rendah (Siripuram et al., 2023). Menambahkan slot pada antena bisa memperbesar nilai bandwidth. Ada banyak macam-macam bentuk slot seperti W, L, U, dan C (Bhattacharya et al., 2020; Hossain et al., 2023; Pirooj et al., 2017). Antenna *folded dipole* telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan karena strukturnya yang sederhana, kemudahan dalam pembuatan, dan kemampuannya untuk memberikan lebar impedansi bandwidth. Studi terbaru menunjukkan bahwa mengintegrasikan saluran umpan stub dapat secara signifikan meningkatkan pencocokan impedansi dan *bandwidth* antena dipol, sehingga meningkatkan kesesuaiannya untuk sistem komunikasi nirkabel modern. (Kim Y & Shin J 2020; Liu Q et al., 2019) penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa antena *folded dipole* yang menggunakan stub mencapai kerugian kembali kurang dari -10 dB pada rentang frekuensi yang luas, yang menyoroti keunggulannya.

Penelitian yang di lakukan dalam penulisan ini untuk Mensimulasikan dan menentukan hasil karakteristik Antena Mikrostrip Folded Dipole Menggunakan Metode Finite Difference Time Domain (FDTD) untuk Jaringan Selular 5G. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, desain antena harus memperhatikan karakteristik seperti return loss, bandwidth dan VSWR.

Potensi aplikasi antena pada berbagai skenario 5G, termasuk bagaimana teknologi antena mendukung layanan 5G di beragam kebutuhan:

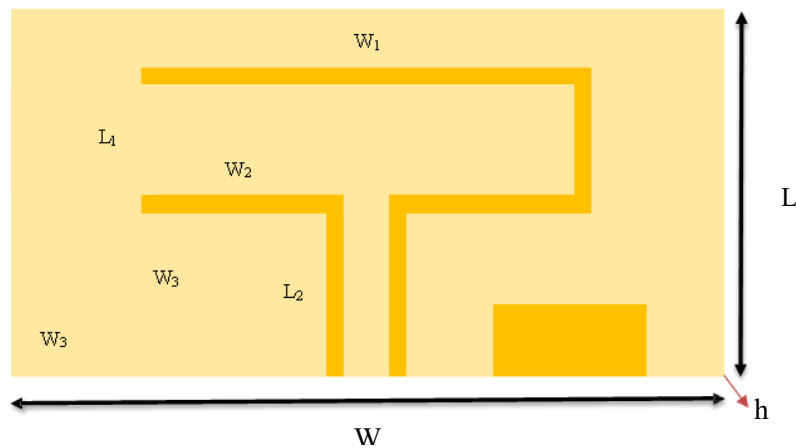
- *Enhanced Mobile Broadband (eMBB)*, membutuhkan kapasitas tinggi dan kecepatan gigabit
- *Ultra-Reliable Low Latency Communications (URLLC)*, sangat bergantung pada desain antena dengan respon yang cepat
- *Massive Machine-Type Communications (mMTC)*, fokus pada konektivitas masif
- *5G V2X (Vehicle-to-Everything)*, komunikasi antena kendaraan dan lingkungannya butuh antena khusus
- *XR (AR/VR/MR) dan Cloud Gaming*, aplikasi real-time perlu koneksi stabil dan *latency* rendah
- *Drone / UAS*, memakai 5G untuk navigasi dan *streaming*



Gambar 1. Struktur Antena Mikrostrip (Ali Rambe, 2014)

II. DESAIN ANTENA

Radiasi gelombang elektromagnetik dapat dikirim dan diterima menggunakan antena patch mikrostrip (Rana, Hossain, et al., 2022). Bagian ini membahas desain dan simulasi antena patch mikrostrip dengan menggunakan software *Computer Simulation Technology* (CST). Desain antena yang dirancang menggunakan software tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 di mana W adalah panjang *patch*, h ketebalan *patch* dan L lebar *patch*:



Gambar 2. Desain Antena menggunakan CST

Ground, substrat, patch, dan feed adalah empat komponen penting dalam pembuatan antena. Bahan dari antena ini menggunakan FR-4 (*lossy*) dengan ketebalannya 0,035 mm.

Tabel 1. Spesifikasi Komponen dan Dimensi Antena

No	Komponen	Jenis	Dimensi (mm)
1	Konstanta <Dielektrik> (4,6)	FR-4	
		L	30
		W	60
		h	1.5
2	Patch	Folded	
		W1	40
		L1	12
		W2	18
3	Ground Plane	L2	10
		W3	20
		L3	7

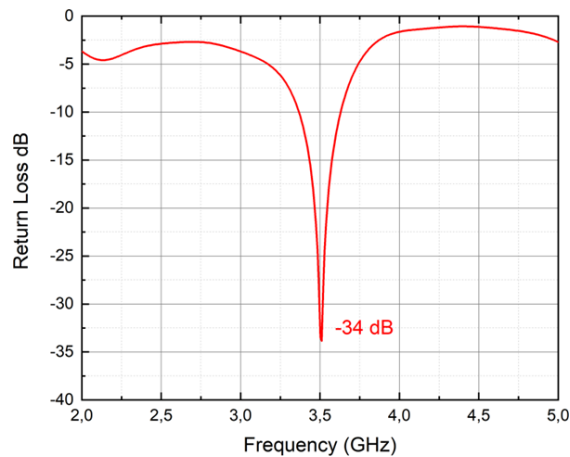
III. METODE PENELITIAN

Perancangan antenna folded dipole melibatkan berbagai langkah untuk menciptakan antenna yang efisien dalam menyalurkan atau menerima sinyal elektromagnetik. Langkah-langkah perancangan di CST Studio Suite 2021 (CST) untuk merancang antenna atau komponen elektromagnetik lainnya dapat mencakup serangkaian tindakan. buka aplikasi CST Microwave Studio untuk memulai kemudian pilih Create Project, kemudian akan muncul jendela Create a New Template. Pilih MW & RF & Optical kemudian pilih Antenna, lalu select a workflow kemudian pilih Planar (*Patch, Slot, etc.*). Akan muncul jendela Create a New Template lagi The recommended solver kemudian pilih Time Domain. Muncul jendela Create a New Template lagi please select the Setting kemudian isikan frekuensi maksimum dan minimumnya lalu tekan finish. Setelah itu, Membuat desain rancangan antenna yang akan di buat, lalu menerapkan nya ke CST tersebut. Setelah di rancang ke CST, lalu melakukan running pada rancangan tersebut untuk mendapatkan hasil frekuensi yang sudah di tentukan. Sekiranya rancangan desain sudah sesuai dengan frekuensi yang diharapkan, maka Analisis hasil simulasi untuk memahami karakteristik perangkat tersebut, seperti bandwidth, return loss, dan VSWR.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

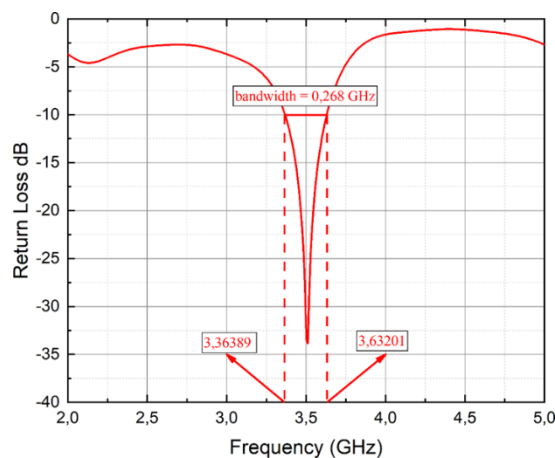
A. Return Loss

Return Loss adalah besaran daya pantul yang dikarenakan oleh tidak matchnya beban dengan *transmission line* dalam dB. Besarnya *return loss* sangat bergantung pada faktor refleksi yaitu perbandingan antara tegangan yang dipantulkan dengan tegangan yang datang dari sumber (Rana, Hossain, et al., 2022). Pada gambar dibawah adalah gambar dari kurva *return loss* dan frekuensi yang bekerja pada frekuensi 3,5 GHz dengan nilai *return loss* - 34 dB. Hal tersebut menunjukkan bahwa antenna memiliki kinerja yang bagus, karena suatu antenna dikatakan memiliki kinerja yang bagus jika nilai dari *return loss* ≤ -10 dB.



Grafik 1. Return Loss dari antenna

B. Bandwidth

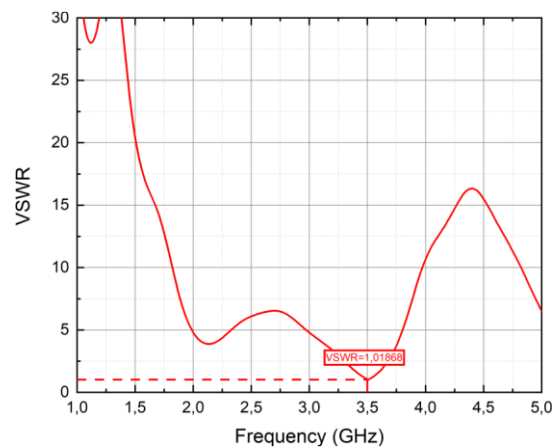


Grafik 2. Bandwidth antenna

Menentukan bandwidth antenna berdasarkan nilai return loss ≤ -10 dB. Berdasarkan Gambar 4 nilai return loss ≤ -10 dB dimulai pada frekuensi 3,36389 GHz hingga 3,63201 GHz dengan lebar 0,268 GHz. menunjukkan bandwidth antenna mampu bekerja pada frekuensi S-Band dalam range 0,268 GHz.

C. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan maksimum dengan tegangan minimum pada saluran transmisi. Angka VSWR idealnya dijaga serendah mungkin untuk kinerja optimal (Bhargava et al., 2020). Idealnya VSWR bernilai satu, karena ini merepresentasikan suatu keadaan yang disesuaikan (matched), dan pengaturan pengaturan praktis pada saluran RF sering ditujukan untuk membuat VSWR yang minimum. Bilangan dari VSWR selalu nyata, yaitu bilangan yang tidak mempunyai bagian imajiner. Pada gambar dibawah merupakan plot nilai VSWR terendah pada frekuensi 3,5 GHz yaitu sebesar 1,01868 seperti yang tertera pada Gambar 5 Hal ini menunjukkan bahwa banyak sinyal yang diserap daripada yang dipantulkan oleh antenna.



Grafik 3. VSWR dari antenna

Berdasarkan Tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa antenna yang diusulkan (*Proposed Antenna*) memiliki kinerja yang kompetitif dibandingkan dengan referensi antenna lainnya. Antena ini menunjukkan nilai return loss sebesar -34,85 dB, yang mengindikasikan daya pantul sangat kecil dan efisiensi radiasi yang baik. Keunggulan utama terletak pada nilai VSWR yang sangat mendekati ideal, yaitu 1,01868, jauh lebih baik dibandingkan dengan antenna pada referensi lainnya yang memiliki nilai VSWR cukup tinggi (di atas 5). Meskipun *bandwidth* yang dihasilkan lebih kecil (0,268 GHz), hal ini tetap dapat diterima pada aplikasi tertentu yang membutuhkan stabilitas frekuensi tinggi dan efisiensi impedansi yang baik. Dengan demikian, antenna yang diusulkan sangat layak untuk diaplikasikan dalam sistem komunikasi yang menuntut *return loss* rendah dan kecocokan impedansi tinggi. (M.Khoiro & Rohim, 2021). Berikut perbandingan Antenna terdahulu dengan hasil Antenna yang di buat.

Tabel 2. Perbandingan Antenna terdahulu

<i>Antenna</i>	<i>Type of antenna</i>	<i>Return Loss</i>	VSWR	<i>Bandwidth (GHz)</i>
[11]	MPA	-16,494	13.7	0.7
[12]	MPA	-44.83	5.28	-
[13]	MPA	-38	-	6.8
[14]	MPA	-	11.5	1.13
[15]	MPA	-	14	-
<i>Proposed Antenna</i>	MPA	-34,85	1,01868	0,268

V. PENUTUP

Antena mikrostrip *folded dipole* menggunakan metode *finite difference time domain* (FDTD) telah berhasil difabrikasi dan dikarakterisasi. Antena tersebut mempunyai kinerja yang baik pada frekuensi 3,5 GHz dengan hasil karakterisasi *return loss* antena menunjukkan angka -34 dB pada frekuensi 3,5 GHz dan *bandwidth* lebarnya 0,268 GHz. Hal tersebut mengetahui bahwa antena memiliki kinerja yang bagus, karena suatu antena dikatakan bekerja dengan baik jika memiliki nilai *return loss* ≤ -10 dB. Hasil karakterisasi VSWR antena menunjukkan angka terendah yaitu 1,01868 pada frekuensi 3,5 GHz.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhargava, D. S., Padmavathy, T. V., Reddy, Y. V., Kavitha, N., & Hema, V. (2020). Design and Simulation of MIMO Antennas for Mobile Communication. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 994(1), 2–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/994/1/012033>
- Bhattacharya, A., De, A., Roy, B., & Bhattacharjee, A. K. (2020). Compact, printed, UWB, fiberglass textile antenna with quadruple band-notched characteristics for WLAN/WiMAX. 2020 XXXIIIrd General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science, 1–7. <https://doi.org/10.23919/URSIGASS49373.2020.9232355>
- Ferdous, N., Chin Hock, G., Hamid, H. A. S., Raman, M. N. A., Sieh Kiong, T., & Ismail, M. (2019). Design of A Small Patch Antenna at 3.5 GHz for 5G Application. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 268(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/268/1/012152>
- Hossain, S., Islam, T., Alam, S., Sabbir Munna, F., Mondal, T., Khan Jim, S., & Mostafizur Rahman, M. (2023). Design and Analysis of 3.5 GHz Rectangular Patch Microstrip Antenna for S-Band Applications. 2023 IEEE International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems, ICICACS 2023, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICICACS57338.2023.10100219>
- Jin, G., Deng, C., Yang, J., Xu, Y., & Liao, S. (2019). A New Differentially-Fed Frequency Reconfigurable Antenna for WLAN and Sub-6GHz 5G Applications. IEEE Access, 7, 56539–56546. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2901760>
- Kim Y and Shin J 2020 Int. J. Antennas Propag. 1, Liu Q et al 2019 Electron. Lett. 55 564
- Malik, P.K., Padmanaban, S., & Holm-Nielsen, J.B. (Eds.). (2021). Microstrip Antenna Design for Wireless Applications (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003093558>
- Nataraj, B., & Prabha, K. R. (2021). Design and Analysis of 2.4GHz Rectangular Inset fed Microstrip Patch Antenna for Wi-Fi and WLAN Applications. Proceedings - 1st International Conference on Smart Technologies Communication and Robotics, STCR 2021, October, 1–4. <https://doi.org/10.1109/STCR51658.2021.9588889>
- Pirooj, A., Naser-Moghadasi, M., Zarrabi, F. B., & Sharifi, A. (2017). A dual band slot antenna for wireless applications with circular polarization. Progress In Electromagnetics Research C, 71(January), 69–77. <https://doi.org/10.2528/PIERC16111401>
- R.A. Firdaus, Y.H. Pramono, E.Y. Endarko, W.H. Gunawan, Design of a Compact Antenna with Stub using Stepped Impedance Resonator, Proceeding of 2015 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET), IEEE, Bandung, 2015, pp. 24–27. DOI: 10.1109/ICRAMET.2015.7380767
- Rana, M. S., Avi, A. M., Hossain, S., Rana, S. B., Habib, A. K. M. A., & Rahman, M. M. (2022). Design and Performance Analysis of Rectangular Microstrip Patch Antenna for Wireless Applications. 4th International Conference on Circuits, Control, Communication and Computing, I4C 2022, 208–211. <https://doi.org/10.1109/I4C57141.2022.10057907>
- Rana, M. S., Hossain, S., Shuva, S. K. S., Sen, B. K., Islam, S. K. I., & Rahman, M. M. (2022). Design and Simulation of Microstrip Patch Antenna for Wireless Communication Systems. 4th International Conference on Circuits, Control, Communication and Computing, I4C 2022, 321325. <https://doi.org/10.1109/I4C57141.2022.10057931>
- Rana, M. S., Rana, S. B., Islam, S. K. I., Ahamed, M. T., Rahman, H., Hasan, M. M., Reyad, M. R., Sarker, S., & Rahman, M. M. (2022). Design and Performance Analysis of S-Band Microstrip Patch Antenna for Wireless Applications. 4th International Conference on Circuits, Control, Communication and Computing, <https://doi.org/10.1109/I4C57141.2022.10057701>

- Rohan, B. S., Popuri, S., Yaseer, M. S. A., & Reddy, Y. S. (2023). Design of T-Slot Microstrip Patch Antenna for Millimeter-Wave Applications. Proceedings of the 2nd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing, ICAAIC 2023, Icaaic, 1576–1580. <https://doi.org/10.1109/ICAAIC56838.2023.10141033>
- Sastry, I. V. S. R., dan Sankar, D. K. J. (2014). Proximity Coupled Rectangular Microstrip Antenna with X-Slot for WLAN Application. Global Journal of Research in Engineering: F Electrical and Electronics Engineering, 14(1), 15-18.
- Singh, J., Tiwari, M., dan Patel, N. (2014). Design and Simulation of Microstrip E-shaped Patch Antenna for Improved Bandwidth and Directive Gain. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 9(9), 446-450.
- Surjati, I. (2010). Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya. Jakarta: Universitas Trisakti. Wibowo, R. (2015). Simulasi dan Fabrikasi Antena Mikrostrip Dipole dengan Length Shifter sebagai Pengubah Frekuensi. Tesis. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Master%20Thesis.pdf. ITS
- Yee K 1996 IEEE Trans. Antennas Propag. 14 302 (New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers).