

PERANCANGAN ANTENA SLOT MIKROSTRIP INDOOR UNTUK APLIKASI 4G

Muhammad Radhi Darmadi¹, Agus Tri Wardana², Akbar Muh. Yusuf Syam³, Sulwan Dase⁴,
^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

This research aims to design and analyze a rectangular microstrip patch array antenna with a 2×2 configuration, incorporating slots to enhance *Bandwidth* so that it can cover both *uplink* and *downlink* frequencies resonating at 2 GHz to support 4G communication network performance. The antenna is designed using an FR-4 Epoxy PCB substrate with a dielectric constant of 4.4 and a thickness of 1.6 mm. The design and simulation processes are carried out using the High Frequency Structure Simulator (HFSS) software to obtain performance parameters such as *VSWR*, *Return Loss*, *Gain*, radiation pattern, and antenna efficiency. The implementation of slot and inset-feed techniques aims to broaden the *Bandwidth* and improve the antenna *Gain*. Simulation results show that the antenna achieves a *VSWR* of 1.22, *Return Loss* of -19.8 dB, *Gain* of 5.8 dB, and a *Bandwidth* of 300 MHz. These results indicate that the designed antenna performs well at 2 GHz and has strong potential for application in high-speed wireless communication systems for 4G networks and further development toward 5G technology.

Keywords: *Microstrip, 4G, Array, Slot*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis antena mikrostrip rectangular patch array 2×2 dengan penambahan slot yang bertujuan untuk meningkatkan *Bandwidth* agar dapat menjangkau frekuensi *Uplink* dan *Downlink* yang beresonansi pada frekuensi 2 GHz guna mendukung kinerja jaringan komunikasi 4G. Antena ini menggunakan bahan substrat PCB FR-4 Epoxy dengan konstanta dielektrik sebesar 4,4 dan ketebalan 1,6 mm. Proses perancangan dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *High Frequency Structure Simulator (HFSS)* untuk memperoleh parameter performa seperti *VSWR*, *Return Loss*, *Gain*, pola radiasi, serta efisiensi antena. Penerapan metode slot dan inset-feed bertujuan untuk memperlebar *Bandwidth* serta meningkatkan *Gain* antena. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena memiliki nilai *VSWR* sebesar 1,22, *Return Loss* -19,8 dB, *Gain* 5,8 dB, dan *Bandwidth* sebesar 300 MHz. Hasil ini menunjukkan bahwa antena yang dirancang memiliki performa yang baik pada frekuensi kerja 2 GHz dan berpotensi diaplikasikan dalam sistem komunikasi nirkabel berkecepatan tinggi pada jaringan 4G maupun pengembangannya menuju 5G.

Kata Kunci: *Microstrip, 4G, Array, Slot*

1. PENDAHULUAN

Antena mikrostrip digunakan dalam sistem komunikasi karena memiliki struktur yang sederhana, mudah dibentuk sesuai permukaan, biaya produksi yang rendah, serta sangat fleksibel dalam hal frekuensi resonansi, polarisasi, pola radiasi, dan impedansi tergantung pada bentuk dan model patch yang digunakan. Antena mikrostrip banyak dimanfaatkan dalam sistem komunikasi karena desainnya yang sederhana, mudah menyesuaikan bentuk permukaan, biaya produksinya relatif rendah, serta memiliki fleksibilitas tinggi dalam pengaturan frekuensi resonansi, polarisasi, pola radiasi, maupun impedansi sesuai dengan variasi bentuk dan model *patch* yang dipakai [1]. Di Indonesia penggunaan jaringan 4G dimulai dari frekuensi 1.9GHz untuk frekuensi *downlink* dan 2.2 untuk frekuensi *uplink* dengan ini kita membutuhkan *Bandwidth* yang besar yaitu sekitar 300MHz agar kita dapat menangkap frekuensi *downlink* dan *uplink* pada 4G [2].

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh [3] telah berhasil dirancang antena *microstrip rectangular patch* didapatkan hasil *Return Loss* -36 dB dan *Bandwidth* sebesar 40 MHz. Dengan demikian dibutuhkan *Bandwidth* sebesar 300 MHz sehingga dengan menambahkan elemen *patch*, menambahkan *slot* dan menggunakan metode *inset-feed* diharapkan dapat memperlebar *Bandwidth* dan meningkatkan *Gain*. Pada penelitian sebelumnya penggunaan patch array oleh [4], didapatkan hasil *Gain* 13.3 dB. Pada penelitian sebelumnya penggunaan slot pada antena yang dibuat oleh [5] berhasil didapatkan *Bandwidth* sebesar 3510 MHz. Metode *inset-feed* digunakan untuk mendapatkan impedansi *match* sedekat mungkin dengan 50 ohm agar impedansi *patch* sesuai dengan impedansi saluran yang digunakan [6].

* Korespondensi penulis: Muhammad Radhi Darmadi, email radhidarmadi@gmail.com

** Mahasiswa tingkat Sarjana (S1)

2. METODE PENELITIAN

Antena yang dirancang adalah antena mikrostrip berbentuk circular Dengan frekuensi kerja 3,5 GHz menggunakan bahan substrat FR4 Epoxy. Substrat FR4 epoxy unggul karena biaya rendah, mudah diproses, stabil secara mekanis, dan cukup efektif untuk antena frekuensi rendah hingga menengah[7]. Pertama-tama yang dilakukan adalah melakukan perhitungan untuk mencari dimensi antena patch, substrat, ground dari antena mikrostrip rectangular patch. Gambar 1 adalah tahapan perancangan antena.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Antena

Spesifikasi parameter rentang frekuensi antena berada di frekuensi 1.9 GHz – 2.2 GHz dengan frekuensi tengah 2 GHz. *Return Loss* memiliki batasan ≤ -10 dB, *Gain* ≥ 3 dB. Untuk spesifikasi parameter antena secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Parameter Antena

No.	Parameter	Spesifikasi
1.	Frekuensi Tengah	2 GHz
2.	Frekuensi Kerja	1.9 GHz-2.2GHz
3.	<i>Return Loss</i>	≤ -10 dB
4.	<i>VSWR</i>	≤ 2
5.	<i>Bandwidth</i>	300 MHz
6.	<i>Gain</i>	≥ 3 dB
7.	Pola Radiasi	Omnidirectional
8.	Polarisasi	Linear

Antena yang dirancang adalah antena mikrostrip rectangular patch slot. Sebelum memulai simulasi, terlebih dahulu menentukan dimensi patch dari antena mikrostrip, terdiri dari lebar patch (W_p) dan Panjang Patch (L_p), panjang ground (L_g), lebar ground (W_g), lebar saluran 50 ohm, 70 ohm, 100 ohm (W_f), panjang saluran (L_f). Untuk memperoleh dimensi patch digunakan persamaan berikut.

Lebar Patch

$$w = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Konstanta Dielektrik Efektif

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{w} \right)}} \right] \quad (2)$$

Panjang Patch

$$L = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 0.824h \left(\frac{(\epsilon_{eff} + 0.3)(\frac{W}{h} + 0.264)}{(\epsilon_{eff} - 0.258)(\frac{W}{h} + 0.8)} \right) \quad (3)$$

Lebar Ground

$$W_S = W_g = 6h + W \quad (4)$$

Panjang Ground

$$Ls = Lg = 6h + L \quad (5)$$

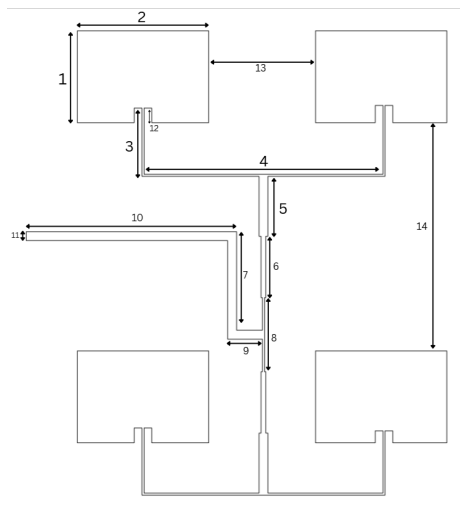
Lebar saluran

$$Z_0 = \frac{120\pi}{2\sqrt{\epsilon_{ref}}(\frac{W}{h} + 1.393 + 0.667\ln(\frac{W}{h} + 1.444))} \quad (6)$$

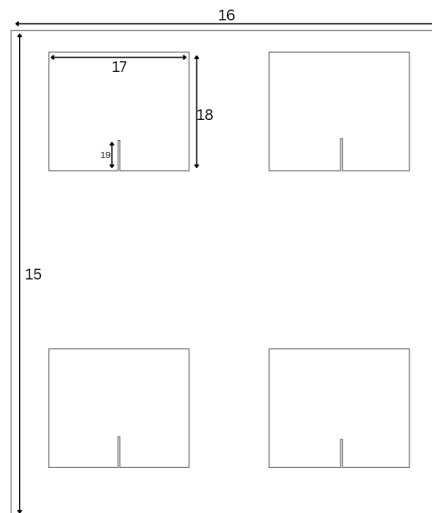
Dimana,

W = Lebar Patch
 f_r = frekuensi resonansi
 ϵ_r = Konstanta Dielektrik
 c = Kecepatan cahaya
 h = Tebal Substrate
 L = Panjang Patch

Ws = Lebar Substrate
 Ls = Panjang Substrate
 Wg = Lebar Ground
 Lg = Panjang Ground
 Zo = Lebar Saluran
 ϵ_{eff} = Konstanta Dielektrik rata-rata



Gambar 2. Patch Antena



Gambar 3. Ground Antena

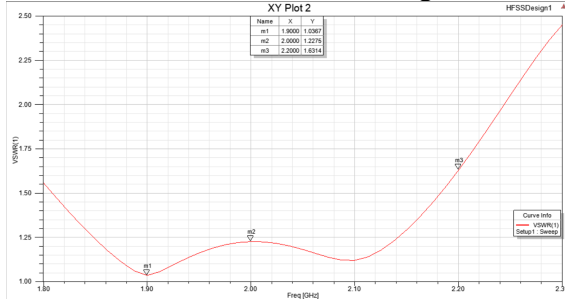
Tabel 2. Dimensi Antena microstrip rectangular patch array slot

1	Panjang Patch	45.64354646
2	Lebar Patch	35.43427845
3	Panjang Saluran Inset-feed	23.41
4	Lebar Saluran 100 ohm horizontal	81.85
5	Panjang Saluran 50 ohm vertikal	20.54
6	Panjang Saluran 70 ohm vertikal	21.04
7	Panjang Saluran 50 ohm vertikal 1	33.79
8	Panjang Saluran 100 ohm vertikal	25.37
9	Lebar Saluran 50 ohm horizontal	11.91
10	Lebar Saluran 50 ohm horizontal	72.07
11	Panjang Saluran 50 ohm horizontal	3.05
12	Panjang Inset-feed	5.01
13	Jarak lebar antar elemen	36.59
14	Jarak panjang antar elemen	78.25
15	Panjang ground	180
16	Lebar ground	160

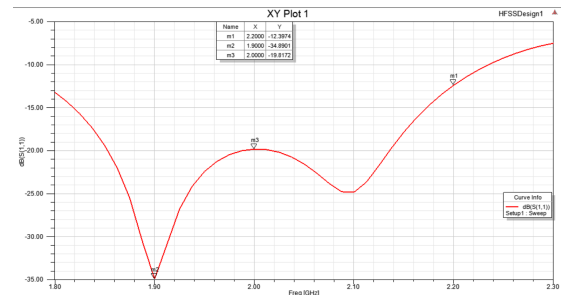
17	Lebar slot	52
18	Panjang slot	44
19	Panjang saluran ground	11.26

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Simulasi Perancangan

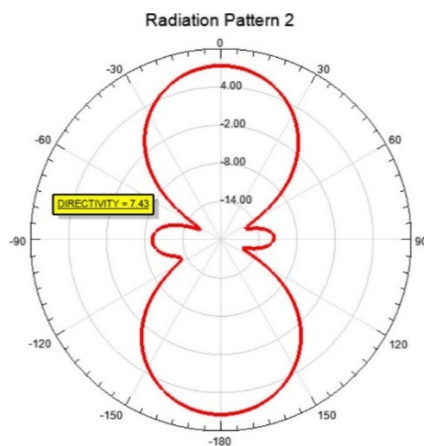


Gambar 4. *VSWR*

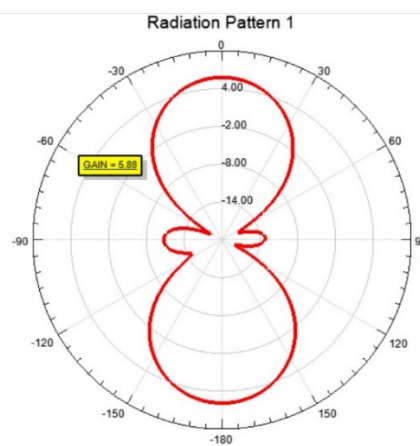


Gambar 5. *Return Loss*

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa hasil *VSWR* yang di dapatkan dari frekuensi *downlink* dan *uplink* semua bernilai dibawah dari 2 yang menunjukkan hasil *VSWR* dapat dinyatakan baik digunakan pada frekuensi 2GHz. Begitu pula pada gambar 5, hasil *Return Loss* yang didapatkan berada di bawah -10 dB yang menunjukkan hasil yang didapatkan memenuhi parameter

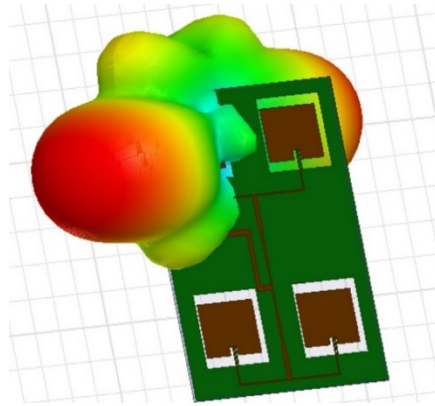


Gambar 6. *Directivity*



Gambar 7. *Gain*

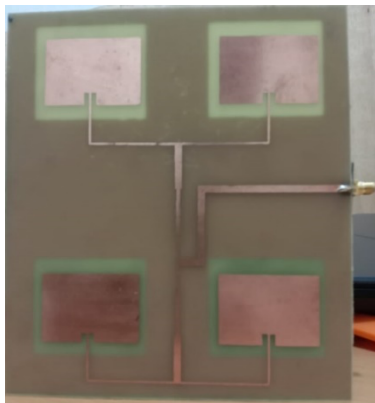
Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan pola radiasi antenna pada frekuensi 2 GHz. Gambar 6 memperlihatkan *directivity* sebesar 7,43 dB yang menunjukkan kemampuan antenna memfokuskan daya radiasi ke arah tertentu dengan pola bidirectional. Sementara itu, Gambar 7 menunjukkan *gain* sebesar 5,88 dB yang menggambarkan kombinasi antara *directivity* dan efisiensi antenna. Hasil ini menandakan bahwa antenna yang dirancang memiliki performa radiasi yang baik dan sesuai untuk aplikasi komunikasi nirkabel pada frekuensi 2 GHz.



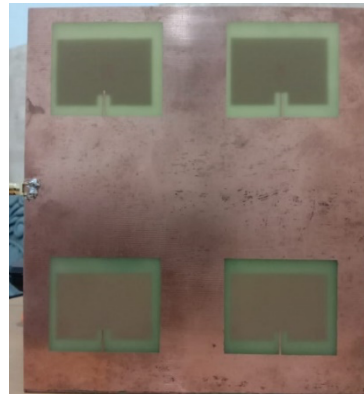
Gambar 8. Pola Radiasi pada antenna

Pada hasil simulasi antenna, antenna sudah bekerja pada frekuensi tengah 2 GHz dan memiliki hasil *VSWR* pada frekuensi *downlink* 1.9 GHz sebesar 1.03, pada frekuensi Tengah 2GHz sebesar 1.22 dan pada frekuensi *uplink* 2.2 GHz sebesar 1.63. Pada hasil *Return Loss* didapatkan hasil pada frekuensi *downlink* 1.9 GHz sebesar -34.89 dB, pada frekuensi Tengah 2GHz sebesar -19.81 dB dan pada frekuensi *uplink* 2.2 GHz sebesar -12.39 dB. Dapat dilihat *Bandwidth* menjadi lebar sebesar 300 MHz dengan Directivity 7.43 dan *Gain* sebesar 5.88. Hasil efisiensi antenna didapatkan 78.88%. Dari hasil diatas semua parameter antenna tercapai sesuai dengan yang diinginkan.

2. Hasil Fabrikasi



Gambar 9. Tampak depan antenna

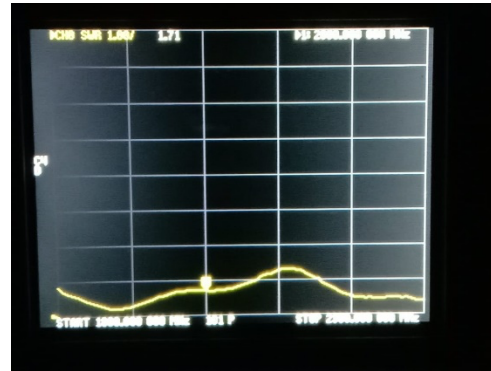


Gambar 10. Tampak belakang antenna

Gambar diatas menunjukkan hasil Fabrikasi yang telah dilakukan gambar 9 menunjukkan tampak depan atau patch antenna yang telah dibuat, lalu pada gambar 10 menunjukkan tampak belakang antenna atau ground antenna yang telah di buat.



Gambar 11. Impedansi antenna



Gambar 12. *VSWR* antenna

Pada hasil fabrikasi menghasilkan nilai *VSWR* sebesar 1.71 pada frekuensi 2 GHz, hasil ini berbeda dengan hasil simulasi pada software HFSS, hal ini disebabkan oleh toleransi fabrikasi dan rugi-rugi tambahan pada konektor.

Tabel 3. Hasil Perbandingan pada Simulasi dan Fabrikasi

Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Fabrikasi
<i>VSWR</i>	1.22	1.71

4. KESIMPULAN

Antena mikrostrip rectangular patch array slot dengan metode inset-feed yang telah dirancang dapat bekerja pada frekuensi 2 GHz dan memenuhi parameter-parameter yang telah ditentukan. Dari hasil simulasi diperoleh nilai *Return Loss* sebesar -19.81 dB, nilai *VSWR* 1.71 dan *Gain* sebesar 5.88 dB pada frekuensi 2 GHz. Antena yang dirancang juga mempunyai pola radiasi omnidirectional yang sudah terarah. Penambahan inset-feed dan elemen pada antenna membuktikan dapat meningkatkan *Bandwidth* antenna, meningkatkan *Gain* memperbaiki nilai *Return Loss* dibandingkan menggunakan antenna elemen tunggal.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih kami sampaikan kepada P3M Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan pembiayaannya sehingga riset ini dapat dilaksanakan melalui Penelitian Terapan Rekayasa (PTR) yang mana Ketua Pelaksana adalah Bapak Sulwan Dase, S.T.,M.T.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*. Wiley, 2016. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=iFEBcGAAQBAJ>
- [2] D. Widhiantoro and A. Khairunisa, "Analisis Performansi Jaringan 4G LTE Frekuensi 1800 Mhz dan 2300 Mhz Terhadap Pengunduhan File Video," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2018, pp. 41–47, 2018, [Online]. Available: <http://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/snte/article/view/008> - 2017
- [3] A. S. Rani, E. Karthika, K. Mala, and K. Ayyappan, "Rectangular Microstrip Patch Antenna Design for 2.1 GHz and 2.3 GHz- 4G Application," *Proc. 2018 Int. Conf. Curr. Trends Towar. Converging Technol. ICCTCT 2018*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICCTCT.2018.8551051.
- [4] M. Z. Aihsan, M. F. Hariz, W. A. Mustafa, S. Z. S. Idrus, H. A. Rahim, and A. Alkhayyat, "Design and Simulation of 2×1 and 2×2 Array Antenna at 5.8 GHz for *Gain* and Axial Ratio Enhancement," *2021 Int. Conf. Adv. Comput. Appl. ACA 2021*, pp. 223–227, 2021, doi: 10.1109/ACA52198.2021.9626803.
- [5] F. Amillia and M. Mulyono, "Design and Optimization of a 1x2 Rectangular Array Antenna with U-Slot for 5G Application at 26 GHz Millimeter Wave," *J. Sains dan Teknol. Ind.*, vol. 22, no. 1, p. 182, 2024, doi: 10.24014/sitekin.v22i1.33673.
- [6] S. Dase and I. Razak, "Optimization of an inset-fed calculations for rectangular microstrip antenna," *Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 143–148, 2023, doi: 10.11591/csit.v4i2.pp143-148.
- [7] L. Rajagopal and D. Raj, "Study of synchronization facets for 5G small cell use case scenario," *Proc. 2nd Int. Conf. Commun. Electron. Syst. ICCES 2017*, vol. 2018-Janua, no. Icces, pp. 529–534, 2017, doi: 10.1109/CESYS.2017.8321133.