

ANTENA MIKROSTRIP MONOPOLE BERPOLA RADIASI OMNIDIREKSIONAL MENGGUNAKAN GROUND SLOT HEKSAGONAL PADA PITA C

Fitri Elvira Ananda

Politeknik Negeri Jakarta; Jl. Prof G.A Siwabessy, Kampus UI Depok, Indonesia

Keywords:

Bandwidth;
Ground slot heksagonal;
Mikrostrip monopole;
Omnidireksional;
Single layer.

Corespondent Email:

fitri.ananda@elektro.pnj.ac.id

Abstrak. Pada artikel ini, diperkenalkan sebuah antena mikrostrip *monopole* satu lapisan (*single layer*) dengan pola radiasi omnidireksional pada pita frekuensi C. Antena yang diusulkan terdiri dari tujuh elemen peradiasi yang disusun secara *quasi-circular* pada sisi depan, serta struktur *ground* berupa enam slot berbentuk heksagonal pada sisi belakang, dengan pencatuan menggunakan *coaxial probe* yang ditempatkan di pusat resonator. Ketebalan antena adalah 1,575 mm dengan menggunakan substrat RT/Duroid 5880 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 2,2. Antena yang diusulkan menunjukkan karakteristik koefisien refleksi dengan dua frekuensi resonansi, yaitu resonansi bawah pada 4,24 GHz dan resonansi atas pada 4,64 GHz. Antena ini memiliki lebar pita impedansi -10 dB sebesar 640 MHz pada rentang frekuensi 4,07 GHz hingga 4,71 GHz, atau sekitar 14,58% pada frekuensi tengah 4,39 GHz. Desain antena yang telah dioptimasi menghasilkan gain maksimum sebesar 4,63 dBi dengan profil rendah dan ukuran kompak.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. In this paper, we introduce a single-layer monopolar microstrip antenna with omnidirectional radiation pattern at C-band. The proposed antenna consist of seven radiators which are arranged in quasi-circularly at the front side and six hexagon slot ground structure at the back side with coaxial probe feeding at the center of patch. The thickness of antenna is 1.575 mm using the RT/Duroid-5880 substrate with 2.2 dielectric constant. The proposed antenna demonstrates reflection coefficient with dual resonant frequency, the lower resonant at 4.24 GHz and the upper resonant at 4.64 GHz. The antenna has 10-dB impedance bandwidth of 640 MHz from 4.07 GHz to 4.71 GHz, approximately 14.58% at the center frequency of 4.39 GHz. The optimized antenna design achieves 4.63 dBi maximum gain with a low profile and compact size.

1. PENDAHULUAN

Dalam sistem komunikasi nirkabel modern, perancangan antena terus dikembangkan untuk mencapai kinerja yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai keterbatasan praktis dalam implementasinya. Penelitian di bidang antena sering difokuskan pada pengembangan struktur yang sederhana, mudah difabrikasi, berukuran kompak, serta memiliki efisiensi biaya produksi. Antena tradisional

dengan pola radiasi omnidireksional umumnya memiliki dimensi fisik yang relatif besar, sekitar seperempat panjang gelombang ($1/4 \lambda$), sehingga kurang sesuai untuk diaplikasikan pada lingkungan dengan keterbatasan ruang. Sebagai alternatif, antena planar dengan karakteristik radiasi omnidireksional banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan sistem yang menuntut operasi pita lebar, profil rendah,

ukuran dan struktur yang kompak, serta biaya implementasi yang ekonomis.

Berbagai inovasi dalam perancangan antena mikrostrip monopolar telah banyak dilaporkan pada penelitian sebelumnya. Antena mikrostrip monopolar dengan *patch* berbentuk lingkaran yang dilengkapi shorting vias dan coupled ring untuk peningkatan *bandwidth* telah diusulkan pada [1]. Pendekatan serupa juga dilakukan pada [2] dengan menggunakan *patch* circular yang dikombinasikan dengan shorting vias dan pencatuan coaxial feeding. Selanjutnya, pada [3] diteliti antena mikrostrip omnidiireksional satu lapisan (single-layer) yang menggunakan rotating square *patches* dan struktur pencatuan proximity-fed untuk memperoleh *bandwidth* impedansi yang lebar. Selain itu, penelitian [4] mengkaji antena mikrostrip monopolar dengan *patch* circular yang menggunakan sejumlah via, serta membandingkannya dengan struktur tanpa via, dimana hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan via mampu menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar.

Sementara itu, untuk meningkatkan *bandwidth* pada desain antena mikrostrip lainnya, penelitian yang dilakukan oleh [5] dan [6] mengimplementasikan struktur slot berbentuk heksagonal pada elemen *patch*. Pada [5], antena mikrostrip dengan *patch* heksagonal yang dilengkapi slot heksagonal dan pencatuan feeding line dikembangkan sebagai antena monopole wideband. Selanjutnya, pada [6] diusulkan desain antena *patch* berbentuk lingkaran yang terintegrasi dengan slot cincin heksagonal serta menggunakan pencatuan *coplanar waveguide* (CPW).

Berdasarkan studi literatur tersebut, struktur antena yang diusulkan pada [1–4] masih tergolong kompleks, terutama akibat penggunaan via. Di sisi lain, pendekatan modifikasi *patch* dengan slot heksagonal pada [5] dan [6] menunjukkan potensi yang baik dalam memperlebar *bandwidth* antena. Oleh karena itu, pada penelitian ini diusulkan suatu struktur antena mikrostrip monopolar yang lebih sederhana tanpa penggunaan via, dengan *patch* berbentuk heksagonal yang disusun dalam konfigurasi *quasi-circular array*, struktur *ground* berupa slot heksagonal, serta metode pencatuan yang lebih praktis menggunakan *coaxial line feeding*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam konteks pemancar gelombang elektromagnetik (EM), penting untuk merancang antena dengan proporsi fisik yang sesuai terhadap panjang gelombang yang dipancarkannya. Ini berarti bahwa antena harus memiliki dimensi yang sesuai agar efektif dalam memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik pada frekuensi yang diinginkan [7]. Pada konfigurasi paling dasar, antena mikrostrip merupakan struktur berlapis yang terdiri atas dua konduktor sejajar yang dipisahkan oleh suatu substrat dielektrik. Konduktor pada bagian atas dikenal sebagai *patch* dan berperan sebagai elemen peradiasi utama, sedangkan konduktor pada bagian bawah berfungsi sebagai *ground* [8].

Konsep yang digunakan dalam perancangan antena mikrostrip monopolar pada penelitian ini untuk memperoleh pola radiasi omnidiireksional didasarkan pada pendekatan struktur saluran transmisi metamaterial. Metamaterial merupakan struktur artifisial yang dirancang untuk mengendalikan dan memanipulasi perambatan gelombang elektromagnetik. Salah satu pendekatan metamaterial yang umum digunakan adalah *Composite Right/Left-Handed* (CRLH), yaitu model saluran transmisi yang mengombinasikan sifat alami *Right-Handed* (RH) dan karakteristik *Left-Handed* (LH) [9]. Dengan memanfaatkan model CRLH pada saluran transmisi, fenomena panjang gelombang tak hingga (*infinite wavelength*) dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan pola radiasi monopolar, sebagaimana ditunjukkan pada desain antena di [10]. Selanjutnya, pada [11] digunakan struktur antena tipe *mushroom*, dimana radiasi dihasilkan melalui difraksi gelombang permukaan pada tepi struktur serta kontribusi peradiasi dari elemen *patch* dan *artificial ground*, sehingga menghasilkan pola radiasi omnidiireksional. Pendekatan serupa juga diterapkan pada [12], yang mengusulkan antena planar berukuran kompak dengan *bandwidth* lebar melalui pemanfaatan struktur metamaterial saluran transmisi dengan karakteristik resonansi ganda.

Kemudian, untuk memastikan kinerja antena yang baik, diperlukan sejumlah parameter yang dapat dijadikan sebagai indikator dalam evaluasi secara matematis, diantaranya S-Parameter (*Return loss*), Gain, Pola Radiasi, Intensitas medan listrik. *Return loss* merupakan

parameter yang memiliki hubungan dengan daya sinyal yang dipantulkan pada sambungan sistem transmisi dan dapat dinyatakan sebagai negatif dari magnitude koefisien refleksi [13]. Gain didefinisikan sebagai perbandingan intensitas radiasi yang dipancarkan oleh antena dalam arah tertentu terhadap intensitas radiasi antena isotropik pada jarak yang sama dengan satuan dBi [14]. Pola radiasi merupakan representasi distribusi energi radiasi suatu antena di wilayah medan jauh sebagai fungsi arah, dan dipetakan melalui diagram tiga dimensi atau dalam proyeksi bidang E dan H [15]. Intensitas medan listrik merujuk pada besaran medan listrik yang dihasilkan oleh antena dalam radiasi elektromagnetik, yang umumnya diukur di wilayah medan jauh untuk menentukan distribusi energi radiasi [16].

3. METODE PENELITIAN

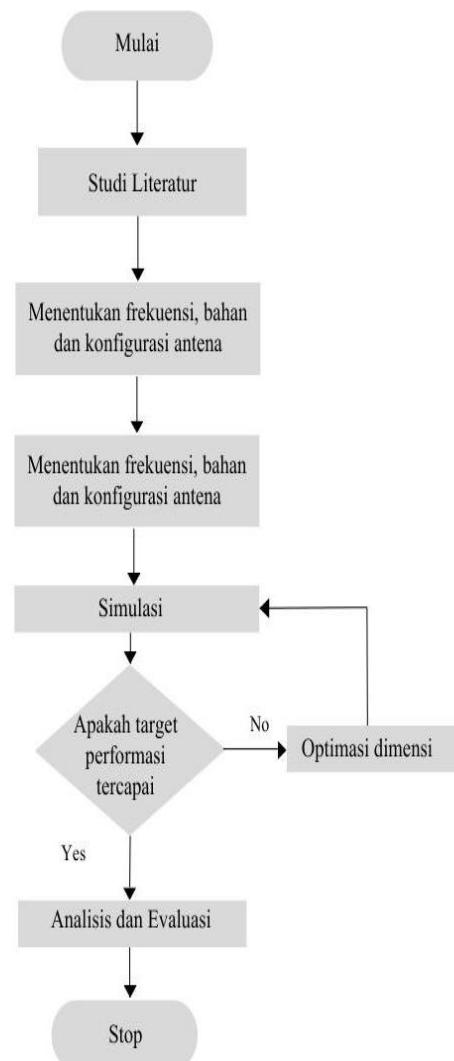
Pada studi ini, dirancang sebuah desain antena planar yang beroperasi pada pita frekuensi C dengan rentang frekuensi 4–8 GHz. Antena yang diusulkan merupakan antena mikrostrip *monopole* yang memanfaatkan struktur *ground* berupa slot berbentuk heksagonal serta resonator heksagonal yang disusun dalam konfigurasi *array quasi-circular*. Proses perancangan antena dilakukan menggunakan perangkat lunak simulasi elektromagnetik HFSS. Antena dibuat dengan struktur satu lapis (*single-layer*), menggunakan bahan *patch* tembaga dan substrat RT/Duroid 5880 dengan ketebalan 1.575 mm dan permitivitas relatif 2.2. Kinerja antena dianalisis dan dievaluasi berdasarkan hasil simulasi.

Gambar 1 memperlihatkan diagram alir proses perancangan antena yang diawali dengan studi literatur untuk memperoleh pemahaman mengenai teori dasar, metode, serta penelitian terdahulu yang relevan. Tahap selanjutnya adalah penentuan parameter awal antena, meliputi frekuensi operasi, pemilihan material, dan konfigurasi struktur antena. Berdasarkan parameter tersebut, dilakukan proses perancangan dan simulasi antena. Hasil simulasi kemudian dievaluasi untuk menilai ketercapaian target performansi antena. Apabila spesifikasi yang diinginkan belum terpenuhi, dilakukan optimasi dimensi antena yang diikuti dengan simulasi ulang secara iteratif. Setelah target performansi tercapai, proses dilanjutkan

ke tahap analisis dan evaluasi akhir sebelum perancangan antena diselesaikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

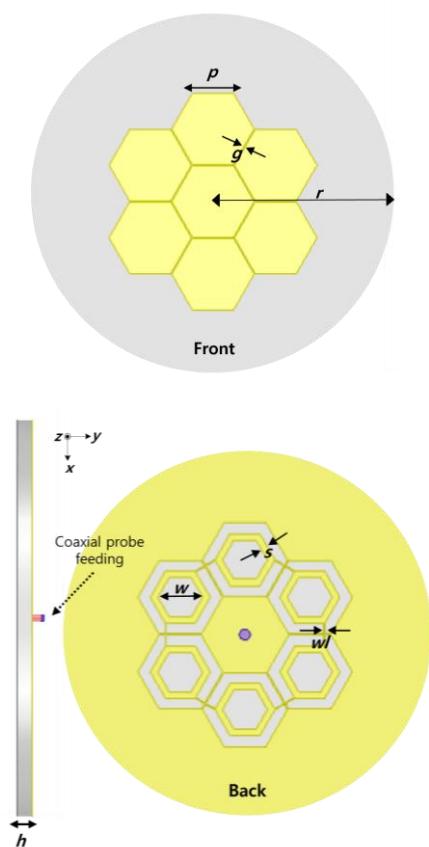
Gambar 2 menyajikan hasil rancangan antena yang diusulkan. Pada sisi depan terlihat susunan resonator berbahan tembaga berbentuk heksagonal yang disusun dalam konfigurasi *array quasi-circular*. Sementara itu, pada sisi belakang antena terdapat struktur *ground* dengan pola slot berbentuk heksagonal serta teknik pencatuan yang digunakan, yaitu *coaxial probe feeding*. Parameter dimensi geometri antena dirangkum dalam Tabel 1, dimana seluruh nilai parameter tersebut merupakan hasil optimasi untuk memperoleh performansi antena yang diharapkan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tabel 1. Parameter Geometri Antena

Parameter	Simbol	Nilai (mm)
Panjang <i>patch</i>	p	6.8
Gap diantara <i>patch</i>	g	0.2
GND slot hexagon	s	0.2
GND inner patch	w	3.6
GND gap antara <i>connecting hexagon</i>	wl	0.2
Jari-jari <i>substrate</i>	r	48
Ketebalan <i>substrate</i>	h	1.575



Gambar 2. Struktur Geometri Antena

Gambar 3 memperlihatkan karakteristik S-parameter (S_{11}) dan gain antena. Kurva S_{11} menggambarkan performansi *impedance matching* antena terhadap frekuensi, dimana nilai S_{11} yang berada di bawah -10 dB menandakan bahwa kondisi *impedance matching* telah terpenuhi. Pada konfigurasi antena mikrostrip *monopole* ini, terlihat dua frekuensi resonansi yang muncul, masing-

masing berada di sekitar $4,24$ GHz dan $4,64$ GHz. Keberadaan dua resonansi tersebut menunjukkan eksistensi dua mode resonansi yang berbeda akibat interaksi antara resonator dan struktur ground berupa slot heksagonal. Kopling antara kedua mode resonansi ini berperan dalam memperlebar *bandwidth* operasional antena. Berdasarkan respons S_{11} , antena menghasilkan *bandwidth* -10 dB sebesar 640 MHz yang mencakup rentang frekuensi $4,07$ GHz hingga $4,71$ GHz. Selain itu, garis putus-putus yang berwarna merah pada Gambar 3 menunjukkan kurva gain dan dapat dilihat bahwa antena mencapai nilai gain maksimum sebesar $4,63$ dBi.

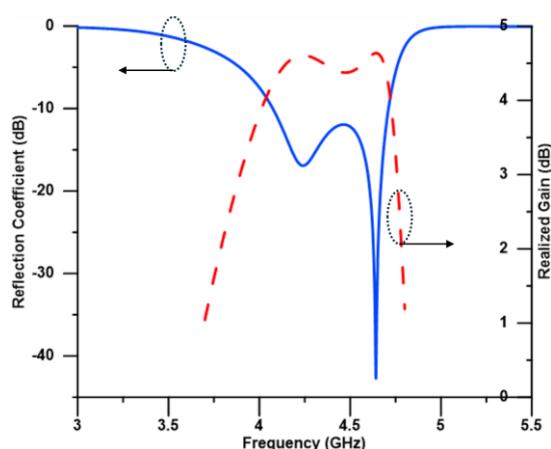
Pada gambar 4 dapat dilihat respons gain antena terhadap frekuensi untuk komponen *co-polarization* dan *cross-polarization*. Gain tertinggi pada komponen *co-polarization*, yaitu sebesar $4,63$ dBi, diperoleh pada frekuensi sekitar $4,3$ GHz. Perbedaan gain antara komponen *co-polarization* dan *cross-polarization*, yang ditunjukkan oleh *rasio co-cross polarization* (XPD) sebesar $43,93$ dB, mengindikasikan tingkat isolasi polarisasi yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa antena mampu mempertahankan kemurnian polarisasi yang baik pada pita frekuensi operasinya.

Gambar 5 menunjukkan pola radiasi antena pada kedua frekuensi resonansi yang dianalisis. Pola radiasi yang ditunjukkan meliputi bidang-E dan bidang-H masing-masing pada frekuensi $4,24$ GHz dan $4,64$ GHz. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa antena yang diusulkan mampu memberikan karakteristik radiasi omnidireksional sesuai dengan tujuan perancangan. Selanjutnya, distribusi intensitas medan listrik hasil simulasi, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 6, menunjukkan bahwa medan listrik terkonsentrasi secara dominan pada bagian tengah *patch* (*driven patch*). Eksistensi medan yang kuat ini kemudian terkopel ke *patch* parasitik di sekitarnya serta ke struktur *ground*, yang berperan penting dalam membangkitkan karakteristik resonansi ganda (*dual resonance*).

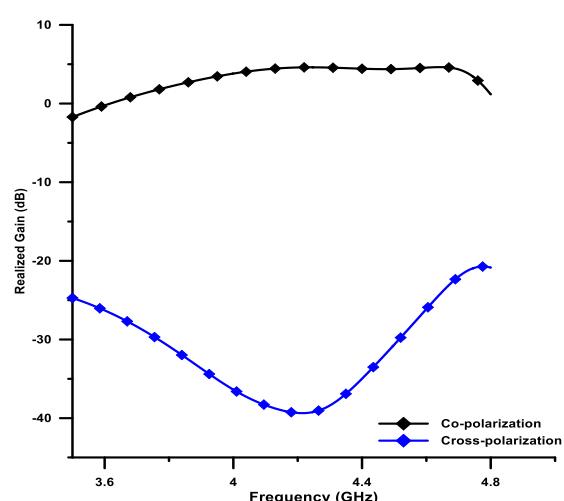
Kurva pada gambar 7 menunjukkan hasil analisis parametrik yang menggambarkan pengaruh variasi parameter wl (ukuran GND gap antara *connecting hexagon*) terhadap karakteristik S_{11} antena. Terlihat bahwa perubahan nilai wl menyebabkan terjadinya pergeseran frekuensi resonansi. Selain itu,

variasi w_l juga memengaruhi tercapainya kondisi *matching impedance* dan lebar *bandwidth* 10-dB. Variasi nilai w_l yang diamati adalah 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm dan 0.4 mm. Nilai optimum yang diambil pada rancangan ini yaitu nilai w_l sebesar 0.2 mm.

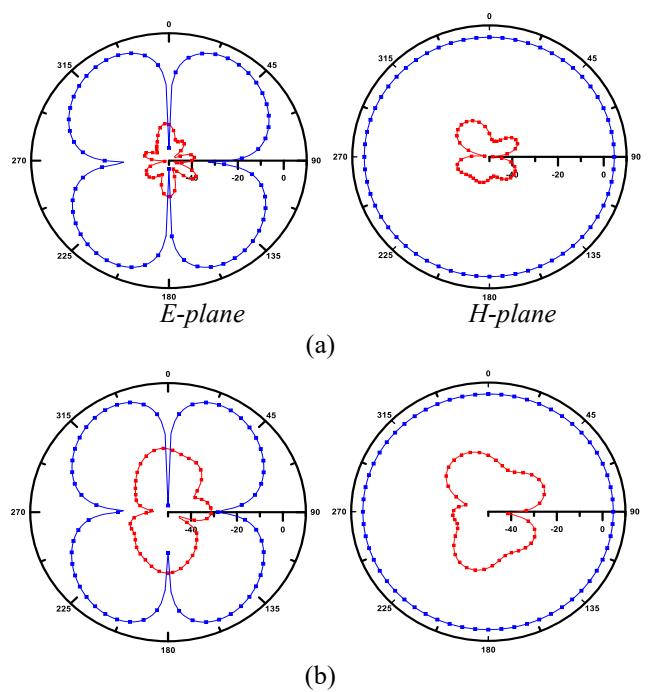
Kemudian, kurva pada gambar 8 memperlihatkan analisis parametrik untuk melihat pengaruh variasi ukuran radius substrat terhadap karakteristik S_{11} antena. Nilai radius yang diamati adalah 44 mm, 48 mm, 52 mm dan 56 mm. Teramati bahwa perubahan nilai r menyebabkan terjadinya pergeseran dan perubahan karakteristik resonansi, hal ini mengindikasikan adanya pengaruh r terhadap interaksi dan kopling antar mode resonansi. Nilai optimum yang digunakan pada rancangan ini untuk radius substrat sebesar 48 mm.



Gambar 3. Kurva S-parameter dan Gain Antena

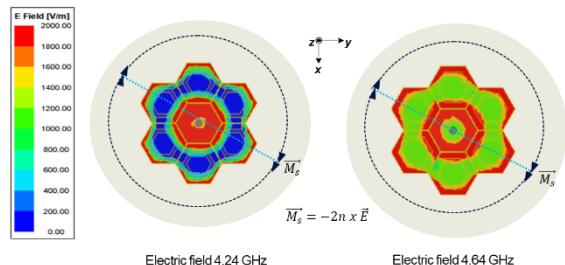


Gambar 4. Kurva Gain Co & Cross Polarization

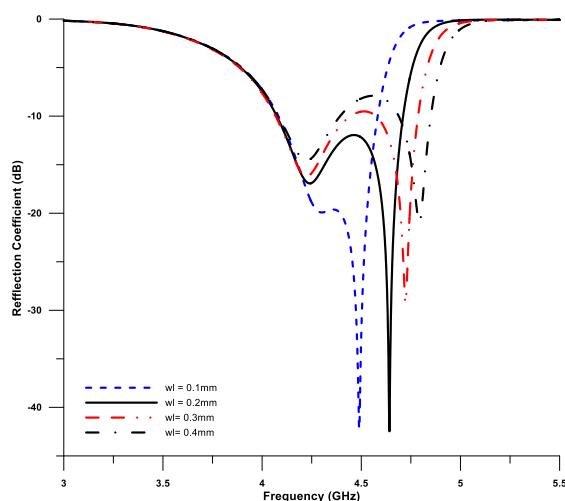


Gambar 5. Pola Radiasi pada Frekuensi Resonansi

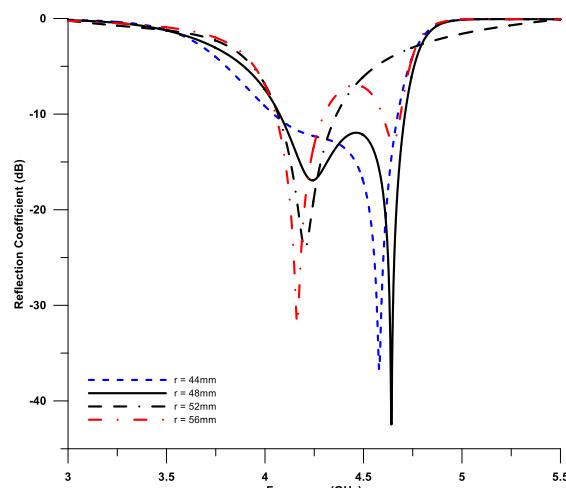
(a) 4.24 GHz dan (b) 4.64 GHz



Gambar 6. Intensitas Medan Listrik pada Frekuensi Resonansi 4.24 GHz dan 4.64 GHz



Gambar 7. Pengaruh w_l terhadap S-parameter



Gambar 8. Pengaruh r (jari-jari substrat) terhadap S-Parameter

5. KESIMPULAN

Artikel ini menyajikan rancangan antena mikrostrip *monopole single layer* yang memanfaatkan *quasi-circular array* resonator dan struktur *ground* berupa slot heksagonal. Antena yang diusulkan memiliki dimensi yang kompak dan profil rendah, sehingga sesuai untuk implementasi pada sistem dengan keterbatasan ruang. Antena menghasilkan pola radiasi omnidireksional yang stabil pada pita frekuensi C dan berpotensi diaplikasikan pada berbagai sistem komunikasi pita C. Pengembangan selanjutnya dapat diarahkan dengan optimasi struktur untuk meningkatkan gain dan mendapatkan *bandwidth* yang lebih lebar untuk memenuhi kebutuhan nirkabel masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Q. Zhang, T. Yu and J. Ye, "Microstrip monopolar patch antenna for bandwidth enhancement," in Progress In Electromagnetics Research Lett, Vol. 53, May 2015, pp. 95-100.
- [2] X. Chen and H. Dou, "Wideband patch antenna with shorting vias," in Hindawi International Journal of Antennas and Propagation, Vol. 2022, Apr. 2022, pp. 1-11.
- [3] H. Zhang and Y-Zeng, "Single-layer single-feed wideband omnidirectional microstrip antenna with rotating square patches," in Progress In Electromagnetics Research Lett, Vol. 93, August. 2020, pp. 27-34.
- [4] J. Liu, et. al, "Design and analysis of a low profile and broadband microstrip monopolar patch antenna" in IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. 61 No. 1, Jan. 2013, pp. 11-17.
- [5] U. Supekar, P. K. Singhal, "Printed hexagonal patch monopole antenna with hexagonal slot for wideband frequency applications" in International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 4, August. 2014, pp. 1-5.
- [6] D. Singh, N. Kashyap, A. Thakur, "Design and optimization of a hexagonal-slotted wideband microstrip antenna for 5 G networks RF energy harvesting" in Elsevier, Vol. 13, Dec. 2025, pp. 1-10.
- [7] M. A. Prasojo, M. Wildan, Eriyandi, "Studi pengaruh perubahan dimensi groundplane dan panjang line pada antena mikrostrip meander line frekuensi 332 MHz" in JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan), Vol. 12 No. 3, Agust. 2024, pp. 1593-1602.
- [8] B. Sharan, M. A.K. Sagar, N. Rajak, "Microstrip planar antenna for C-band wireless applications" in International Journal of Experimental Research and Review (IJERR), Vol. 38, Apr. 2024, pp. 147-153.
- [9] A. Lai, C. Caloz, T. Itoh, "Composite right/left-handed transmission line metamaterials," in IEEE Microwave Mag., Vol. 5 No. 3, Sep. 2004, pp. 34–50.
- [10] A. Lai, K. M. K. H. Leong, T. Itoh, "Infinite wavelength resonant antennas with monopolar radiation pattern based on periodic structures," in IEEE Transaction on Antennas and Propagation, Vol. 55 No. 3, March 2007, pp. 868–875.
- [11] K. Xiao, L.-W. Li, F. Zhao, S.-L. Chai and J.-J. Mao, "A novel monopole-alike surface-wave antennas designed based on periodic structures," 2011 International Workshop on Antenna Technology (iWAT), Hong Kong, China, 2011, pp. 3-7.
- [12] J. Zhu, G. V. Eleftheriades, "A compact transmission-line metamaterial antenna with extended bandwidth," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Lett., Vol. 8, 2009, pp. 295-298.
- [13] F. Nugraha, U. Khayam, T. Rhamdani, "Optimasi parameter antena dipole sebagai sensor dalam mendeteksi partial discharge pada isolasi GIS" in JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan), Vol. 13 No. 2, Apr. 2025, pp. 1519-1526.
- [14] M. Swapna, K. K. Priya, T. Layasri, "Single layer high gain microstrip patch antenna" in International Journal of Engineering & Science Research, Vol. 14, Jun. 2025, pp. 464-478.

- [15] M. S. Yahya, et. al, “LoRa microstrip patch antenna: a comprehensive review” in Alexandria Engineering Journal, Vol. 103, 2024, pp. 197-221.
- [16] T. A. Milligan, Modern antenna design, Second edition, in IEEE press, by John Wiley & Son Inc. Publication, 2005.