

Band Pass Filter Microstrip Metode Hairpin pada Frekuensi S Band

Dina Herdiana^{1*)}, Muhammad Ali Muhyiddin²⁾, Muhamad Aji Rahman³⁾

1,2)Program Studi Teknik Elektro
Universitas Nurtanio

Jalan Pajajaran, Husen Sastranegara, Kota Bandung, Jawa Barat 40174

2)Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nurtanio

*)Korespondensi : dinaherdiana@unnur.ac.id

Abstrak

Sistem radar adalah teknologi yang menggunakan gelombang elektromagnetik (radio dan gelombang mikro) untuk mendeteksi, menentukan jarak, dan membuat peta objek. Namun, sering kali terdapat gangguan seperti noise dan masuknya sinyal asing ke dalam sistem tersebut. Oleh karena itu, peran filter untuk menyeleksi sinyal yang diterima serta mengurangi noise. Salah satu jenis filter yang dapat diterapkan adalah band pass filter. Pada penelitian ini dilakukan perancangan filter yang akan digunakan untuk sistem radar. Filter yang dirancang adalah band pass filter menggunakan metode microstrip hairpin yang bekerja pada frekuensi S Band, dengan nilai return loss dibawah -10 dB dan nilai insertion loss diatas -10 dB. Pada perancangan ini menggunakan substrat FR-4 dengan $\xi_r = 4,5$ dan ketebalah 1 mm. Desain filter menghasilkan band pass filter microstrip hairpin berhasil bekerja dengan efektif pada rentang frekuensi 2,385 – 2,55 GHz Band pass filter ini dapat digunakan dalam sistem radio komunikasi karena desainnya yang lebih kompak dan kecil.

Kata kunci : Band Pass Filter, Hairpin, Mikrostrip, S Band, FR-4

Abstract

Radar system is a technology that uses electromagnetic waves (radio and microwave) to detect, determine distance, and create object maps. However, there are often interferences such as noise and the entry of foreign signals into the system. Therefore, the role of the filter is to select the received signal and reduce noise. One type of filter that can be applied is a band pass filter. In this study, a filter design was carried out that will be used for the radar system. The filter designed is a band pass filter using the microstrip hairpin method that works at S Band frequencies, with a return loss value below -10 dB and an insertion loss value above -10 dB. In this design, an FR-4 substrate with $\xi_r = 4,5$ and a thickness of 1 mm was used. The filter design produces a microstrip hairpin band pass filter that works effectively in the frequency range of 2,385 - 2,55 GHz. This band pass filter can be used in radio communication systems because of its more compact and smaller design.

Keywords : Band Pass Filter, Hairpin, Mikrostrip, S Band, FR-4

I. PENDAHULUAN

Radar adalah sensor elektromagnetik untuk pendeteksi dan pelokasian dari pantulan objek. [1]

Info Makalah:

Dikirim : 06-05-2026;
Revisi 1 : 06-29-2026;
Revisi 2 : -
Diterima : 06-30-2026.

Penulis Korespondensi:

Telp : +622219178495
e-mail :
dinaherdiana@unnur.ac.id

Sistem radar merupakan teknologi yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan menentukan posisi suatu objek melalui proses transmisi dan penerimaan sinyal pada frekuensi tertentu. Kinerja sistem radar sangat dipengaruhi oleh kualitas sinyal yang diterima, sehingga diperlukan suatu bandpass filter yang mampu melewati sinyal pada pita frekuensi yang diinginkan sekaligus meredam sinyal di luar pita tersebut untuk mengurangi interferensi dan noise. Salah satu implementasi yang banyak dikembangkan adalah *microstrip bandpass filter* dengan metode *hairpin*, karena

memiliki dimensi yang kompak, mudah difabrikasi menggunakan teknologi PCB, serta mudah diintegrasikan dengan rangkaian gelombang mikro lainnya. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan filter hairpin dengan fokus pada miniaturisasi dimensi, peningkatan bandwidth, dan optimasi karakteristik transmisi menggunakan substrat berkinerja tinggi seperti Rogers. Namun demikian, implementasi filter hairpin pada frekuensi *S-Band* (2,4 GHz) menggunakan substrat FR-4 yang lebih ekonomis masih relatif terbatas, terutama yang dilengkapi dengan proses fabrikasi dan validasi melalui pengukuran menggunakan *Vector Network Analyzer (VNA)*. Kondisi tersebut menunjukkan masih adanya kebutuhan penelitian untuk menghasilkan rancangan filter yang memiliki performa memadai dengan biaya fabrikasi yang lebih rendah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang, memfabrikasi, dan menguji *bandpass filter mikrostrip metode hairpin* pada frekuensi **2,4 GHz** menggunakan substrat **FR-4**, serta mengevaluasi karakteristik *return loss*, *insertion loss*, dan *bandwidth* sebagai dasar penerapannya pada sistem radar S-Band. Sistem radar dapat memanfaatkan filter pada jalur transmisi dan penerimaan, tergantung pada frekuensi operasi dan kebutuhan bandwidth sistem. Filter juga berperan penting dalam melindungi konverter data dalam sistem pengambilan sampel langsung. [2] Filter band pass *microstrip* yang berbasis struktur hairpin memiliki beberapa kelebihan, seperti berat yang ringan, biaya fabrikasi yang rendah dan desain yang sederhana saat integrasi dengan rangkaian lain. Filter band pass ini memiliki ukuran kompak dan supresi harmonik yang telah dikembangkan dengan menggunakan teknik groove pada struktur hairpin [3].

II. METODE

A. Teori

Desain filter hairpin mengimplikasikan lipatan resonator parallel coupled $\lambda / 2$ menjadi bentuk U sehingga dimensi filter berkurang. Perhitungan bertujuan untuk menghitung panjang coupled-lines agar dapat mempengaruhi kopling antar resonator. Garis antara dua lengkungan berfungsi untuk memendekkan panjang fisik kopling sehingga ukurannya hanya lebih kecil dari $\lambda / 4$. [4] Panjang resonator hairpin seperti pada Gambar 1 dapat dicari menggunakan pendekatan.

Elemen tunggal dari resonator hairpin ini dapat dijadikan acuan awal dalam melakukan ekstraksi kualitas eksternal (Q_{eks}).

$$Q_{eks} = \frac{g_n g_{n+1}}{FBW} \quad (1)$$

$$FBW = \frac{B_w}{F_0} \quad (2)$$

$$M_{i,i+1} = \frac{FBW}{\sqrt{g_i g_{i+1}}} \quad (3)$$

$$M_{n,n+1} = \frac{f_{n+1}^2 - f_n^2}{f_{n+1}^2 + f_n^2} \quad (4)$$

Nilai Q_{eks} dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dengan memasukkan FBW, *fractional bandwidth* pada persamaan (2), B_w adalah lebar pita, F_0 yaitu nilai frekuensi tengah, dan g_n adalah nilai elemen filter lowpass yang digunakan pada tabel standar Chebyshev ordo tiga dengan riak 0,1 dB. Dari nilai ekstraksi Q_{eks} diperoleh nilai antara *feed line* ke resonator pertama [5].

B. Desain dan Fabrikasi

Spesifikasi filter menentukan parameter ukuran band pass filter. Sebagian besar parameter filter bandpass merupakan nama yang diberikan untuk nama dimensi Filter, seperti yang ditunjukkan pada

***Band Pass Filter Microstrip Metode Hairpin pada Frekuensi S Band
(Dina Herdiana, Muhammad Ali Muhyiddi), Muhamad Aji Rahman: Halaman 51 - 54)***

Tabel 1. Substrat yg digunakan Fr-4 dengan frekuensi kerja 2,4 GHz. Ukuran parameter resonator merupakan bagian yang paling berpengaruh dalam spesifikasi filter.

Tabel 1 Parameter Band Pass Filter

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Middle Frequency	2,4	GHz
2	Length Port Inductive	5	mm
3	Trace Width	2,2	mm
4	Trace Height	0,035	mm
5	Substrate Height	1	mm
6	Konstanta	8	
7	Resonator Width	10	mm
8	Resonator Height	19	mm
9	GAP	2,3	mm
10	Dielectric Substrate (ξ_r)	4,5	

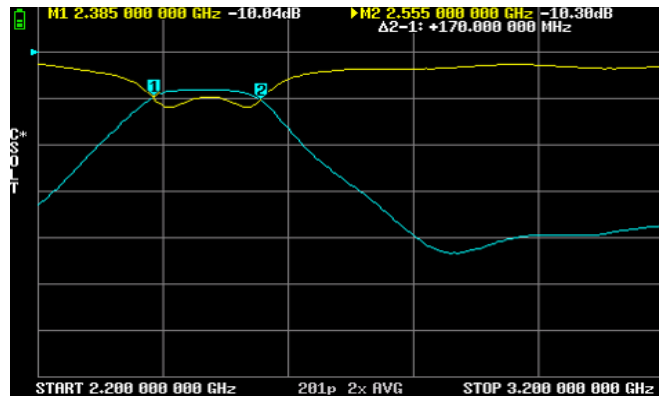
III. HASIL DAN DISKUSI

Filter didesain sesuai dengan spesifikasi dan ukuran yang diinginkan, fabrikasi dilakukan yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Fabrikasi Filter

Bandpass filter hairpin yang telah difabrikasi diukur besar insertion loss dan return loss. Pada gambar 3 menunjukkan nilai pengukurannya sebesar -10,04 dB pada frekuensi 2,385 GHz dan -10,30 dB pada frekuensi 2,555 GHz, oleh karena itu filter ini bekerja dengan baik pada daerah frekuensi tersebut. Bandwidth filter hairpin ini memiliki bandwidth sebesar 170 MHz.



Gambar 1 Insertion Loss dan Return Loss

IV. KESIMPULAN

Band pass filter yang dirancang menggunakan metode microstrip hairpin berhasil bekerja dengan efektif pada rentang frekuensi 2.385 – 2.55 GHz. Prinsip resonansi elektromagnetik yang diterapkan melalui resonator hairpin memungkinkan filter untuk meneruskan sinyal hanya dalam rentang frekuensi tersebut, sementara sinyal di luar rentang berhasil diredam. nirkabel, karena mampu memfilter sinyal dengan baik dan mengurangi noise serta gangguan sinyal asing.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Skolnik, Merrill. Radar Handbook. Third Edition. United State of America. Mc- Graw Hill.
- [2] Matthews, Peter. Essential Functions of RF Components for Radar Systems. Cazenovia. Knowles.
- [3] SRISATHIT, K.; TANGJIT, J.; SURAKAMPONTORN, W. Miniaturized microwave bandpass filter based on modified hairpin topology. In: 2010 IEEE International Conference of Electron Devices and Solid-State Circuits (EDSSC). IEEE, 2010. p. 1-4
- [4] HASSAN, Hamid Ali. Design & Size Reduction analysis of Microstrip Hairpin Bandpass Filters. 2015.
- [5] Gilang Bonie Wiryawani, Kun Fayakun, Harry Ramza, Emilia Roza, Mohd. Azman Zakaria, dan Dwi Astuti Cahyasiwi. Antena-Filter Hairpin dengan Peningkatan Perolehan untuk Aplikasi 5G. Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 18, No. 4, Desember 2022, hal. 233-240
- [6] V. B. Pusuluri et al., "Narrowband Hairpin Bandpass Filter for 4G LTE Applications," Proc. IEEE IEMTRONICS, 2021. doi:10.1109/IEMTRONICS52119.2021.9422528.
- [7] T. K. Das and S. Chatterjee, "Spurline-Embedded Compact Hairpin-Line Bandpass Filters for Wide Harmonic Suppression," Int. J. Microwave Wireless Technol., vol. 14, no. 4, 2022.
- [8] B. Prasetya et al., "Band Pass Filter Comparison of Hairpin Line and Square Open-Loop Resonator Method for Digital TV Community," Bull. Electr. Eng. Informatics, vol. 10, no. 1, 2021.
- [9] S. A. Shandal, "Design and Implementation of a Novel 5G Hairpin Bandpass Filter with Defected Ground Structure," Int. J. Electr. Comput. Eng. Syst., vol. 16, no. 2, 2025.
- [10] A. V. Deshpande, "Design a Modified Hairpin Filter for Wider Bandwidth," Asian Research Journal of Current Science, vol. 3, no. 1, 2021.
- [11] M. A. Al-Mekhalfi et al., "A Compact Size 5G Hairpin Bandpass Filter with Multilayer Coupled Line," 2021.
- [12] S. Hossain and P. K. Saha, "Development of a Microstrip Hairpin Bandpass Filter for 5G Sub-6 GHz Applications," Proc. IEEE ICTP, 2025. doi:10.1109/ICTP68765.2025.11415078.
- [13] "Tight-Coupled Microstrip Hairpin Bandpass Filter," Journal of Engineering Research, vol. 11, no. 1, 2023.
- [14] K. S. Arjun et al., "A Simple and Optimizationless Technique for Multi-Harmonic Suppression in Hairpin-Line Bandpass Filter," Proc. IEEE MAPCON, 2025.
- [15] Y. Zhang et al., "Deep Learning-Enabled Rapid Optimization for Microwave Filter Design," Proc. Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), IEEE, 2024.