

REALISASI BANDPASS FILTER *HAIRPIN* CHEBYSHEV DENGAN DGS UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR L-BAND

REALIZATION OF *HAIRPIN* CHEBYSHEV BANDPASS FILTER WITH DGS FOR L-BAND SYNTHETIC APERTURE RADAR

Ahmad Faiz Rusydi¹, Heroe Wijanto², Bambang Sumajudin³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹afaizr@telkomuniversity.ac.id, ²heroe@telkomuniversity.co.id,

³sumajudin@telkomuniversity.ac.id

Menurut UNESCO, hutan tropis di Indonesia telah masuk ke kategori *In Danger*. Hutan tropis yang memiliki luas sekitar 2,5 Juta Hektar itu menjadi rumah dari ribuan spesies tanaman, dan ratusan spesies mamalia dan burung. Melihat fakta tersebut dibutuhkan sebuah sistem yang bisa melakukan pemetaan. Salah satu perangkat pemetaan yang biasa digunakan dalam penginderaan jarak jauh adalah *Synthetic Aperture Radar (SAR)*. Filter yang didesain adalah sebuah filter disisi penerima dari SAR. Rencana untuk melakukan sebuah perancangan ini dilakukan pada *Bandpass Filter (BPF) Microstrip Chebyshev*, dengan cara membandingkan kinerjanya pada Frekuensi L Band. Metode *Hairpin* dipilih karena kelebihanannya dalam desain resonator yang ringkas dan singkat, sedangkan *Defected Ground Structure (DGS)* telah diaplikasikan pada sistem ini namun justru keberadaan DGS membuat adanya penurunan performa dari filter. Variabel perbandingan yang akan dibandingkan antara lain adalah jenis substrat. Substrat yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah substrat FR-4 epoxy dan Taconic. Nilai insertion loss dan return loss filter setelah disimulasikan adalah sebesar -0.4908 dB dan -21.801 dB untuk Substrat Taconic RF-35 sedangkan untuk substrat FR-4 Epoxy adalah sebesar -2.405 dB dan -31.116 dB. Hasil ini menjadikan filter dengan substrat Taconic RF-35 yang lebih baik performanya. Setelah filter dengan substrat FR-4 Epoxy direalisasikan hasilnya menjadi cukup berbeda dengan hasil insertion loss dan return loss menjadi -3.8784 dB dan -20.95 dB.

Kata kunci : *BPF Chebyshev, Hairpin, DGS, Microstrip, SAR, L Band.*

Abstract

According to UNESCO, tropical forests in Indonesia have entered the *In Danger* category. The tropical forest, which has an area of around 2.5 million hectares, is home to thousands of species of plants, and hundreds of species of mammals and birds. Seeing this fact requires a system that can do mapping. One of the mapping devices commonly used in remote sensing is *Synthetic Aperture Radar (SAR)*. The filter designed is a filter on the side of the receiver from SAR. The plan to do this design was done on *Microstrip Chebyshev's Bandpass Filter (BPF)*, by comparing its performance to the Frequency L Band. The *Hairpin* method was chosen because its advantages in the resonator design are concise and concise, while the *Defected Ground Structure (DGS)* has been applied to this system, but the existence of the DGS makes a decrease in the performance of the filter. Comparison variables that will be compared include the type of substrate. The substrate used in this study was FR-4 epoxy and Taconic substrate. The insertion loss and return loss filter values after being simulated are -0.4908 dB and -21.801 dB for Taconic RF-35 substrate while those for Epoxy FR-4 substrate are -2.405 dB and -31,116 dB. This result makes the Filter with Taconic RF-35 substrate a better performing filter. After the filter with FR-4 Epoxy substrate was realized the results became quite different with the insertion loss and return loss results being -3.8784 dB and -20.95 dB.

Keywords: *BPF Chebyshev, Hairpin, DGS, Microstrip, SAR, L Band*

1. Pendahuluan

Synthetic Aperture Radar adalah sistem penginderaan atau pengambilan citra jarak jauh menggunakan konsep kerja gelombang elektromagnetika. Perbedaan dari *Synthetic Aperture Radar*

dan penginderaan jarak jauh menggunakan kamera adalah SAR lebih flexible untuk digunakan di medan yang gelap, berawan, atau mungkin ketika cuaca sedang hujan [1].

Pada kesempatan kali ini dilakukan perancangan Filter *BPF Chebyshev* di sisi penerima SAR yang dilengkapi DGS dan Hairpin dengan Frekuensi kerja L Band (1,72-1,78 GHz). Substrat dan Orde yang optimal pada percobaan ini dicari dengan mempertimbangkan *Insertion Loss*, *VSWR*, dan *Return loss*. Karena bandwidth yang dibutuhkan relatif sempit, maka dibutuhkan *slope* yang curam. Dengan bandwidth sebesar 60 MHz[2], dapat di pastikan bahwa frekuensi kerjanya ada pada 1750 MHz. Agar performa Filter semakin baik, maka diaplikasikan sistem DGS atau *Defected Ground Structure* dan *resonator Hairpin* pada Filter [3]. Penambahan DGS bertujuan untuk mengurangi *Insertion Loss* dan *VSWR* pada filter. Sedangkan *resonator Hairpin* ditambahkan pada sistem agar mengurangi kopling antara resonator Perancangan ini hanya meliputi Filter dari suatu blok SAR saja tanpa merancang keseluruhan sistem kerja.

2. Konsep Dasar

2.1 Synthetic Aperture Radar

Secara umum blok sistem komunikasi *Synthetic Aperture Radar* dibagi menjadi dua bagian yaitu pemancar dan penerima. Gelombang atau sinyal yang akan dikirimkan mulanya masuk ke up-converter untuk meningkatkan domain frekuensi. Kemudian gelombang tersebut masuk ke Power Amplifier (PA) untuk meningkatkan powernya, kemudian masuk ke switch untuk mengubah transmitting window, mana durasi waktu yang dipilih berdasarkan tujuan. Setelah melewati switch sinyal tersebut masuk ke dalam *Bandpass Filter* (BPF) untuk meredam frekuensi diluar frekuensi yang dikehendaki, kemudian powernya dinaikkan kembali oleh *High Power Amplifier* untuk transmisi jarak jauh, kemudian sinyal yang telah dikuatkan tersebut akan dikirimkan oleh antenna sebagai media pemancarnya [2].

2.2 Filter

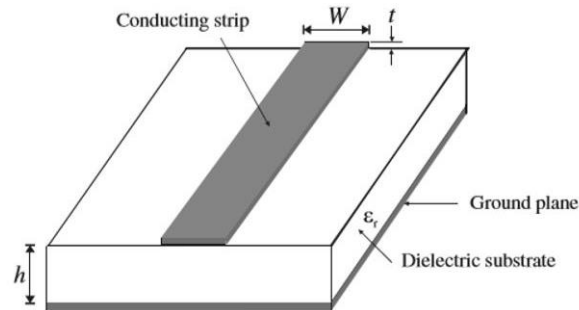
Filter adalah suatu piranti yang terdapat dalam rangkaian pengirim ataupun penerima sistem komunikasi. Filter berfungsi untuk menyaring dan meloloskan sinyal pada frekuensi tertentu dan meredam sinyal diluar frekuensi yang dikehendaki. PassBand merupakan daerah frekuensi yang diloloskan sedangkan stopband adalah daerah frekuensi yang tidak diloloskan. Batas daerah PassBand ditandai oleh frekuensi cutoff(f_c), yaitu titik saat dayanya turun setengahnya atau sebesar -3 dB dari frekuensi passband. *Scatter parameter* atau parameter S adalah sebuah konsep dalam desain *microwave*. Dalam konsep ini, sebuah perangkat yang memiliki dua buah port di kedua sisinya diibaratkan sebagai sebuah rangkaian yang memiliki output dan input. VSWR bisa didefinisikan sebagai perbandingan antara amplitudo tegangan maksimum dengan amplitudo tegangan minimum. *Standing wave* terjadi karena adanya superposisi antara gelombang datang dan gelombang pantul. Maka dengan itu ketika tegangan berada pada fasa yang berbeda, akan terjadi tegangan minimum. Tetapi jika sefasa maka yang terjadi adalah transfer daya maksimum[4]. *Insertion Loss* adalah perbedaan daya input dan output filter akibat ketidak sepadanan antara impedansi input, impedansi output, dan adanya rugi-rugi pada elemen reaktif yang menyusun filter. *Insertion Loss* menyatakan daya yang terserap ke beban dan tidak dipantulkan kembali sebagai gelombang pantul. Daya yang dikirimkan menuju beban ada yang direfleksikan kembali ke sumber, dan ada sebagian daya yang diteruskan ke beban, hilangnya daya ini yang disebut dengan *insertion loss*. Daya yang di kirimkan disebut *transmitted power* (P_t) dan daya yang diterima disebut *received power* (P_r)

2.3 Parameter Filter

Dalam perancangan filter, sebelum memulai merancang suatu filter yang dilakukan terlebih dahulu yaitu menentukan spesifikasi yang diinginkan dari filter sehingga hasil rancangan tersebut sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Parameter yang akan digunakan dalam tugas akhir ini untuk mengukur kinerja suatu filter diantaranya adalah parameter scattering (Parameter S), VSWR, return loss, insertion loss, dan factor Q.

2.5 Microstrip Line

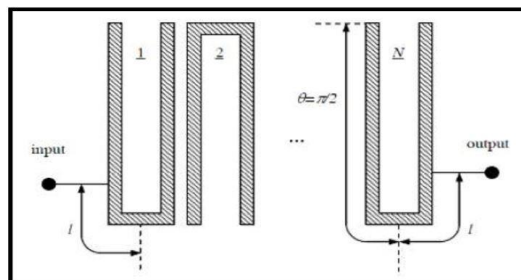
Microstrip merupakan salah satu media transmisi yang digunakan di dalam rangkaian microwave. Microstrip terdiri dari strip konduktor (microstrip line) dengan lebar (W) dan ketebalan (t) yang berada diatas substrat dielektrik yang mempunyai konstanta dielektrik relatif (ϵ_r), ketebalan (h), dan dibawah substrat terdapat konduktor ground plane. Bentuk geometris dari microstrip dapat dilihat di gambar berikut:



Gambar 1. Bentuk geometric dari filter microstrip [5].

2.6 Filter Hairpin Line

Hairpin Filter adalah jenis filter yang mempunyai struktur resonator yang tersusun rapi. Filter ini mempunyai konsep yang didapat dengan lipatan resonator parallel-coupled, half-wavelength resonator filters menjadi bentuk “U”. Jenis bentuk resonator “U” ini yang disebut resonator hairpin [5]. Lipatan resonator ini penting dengan mengambil perkiraan pengurangan dari panjang coupled line, yang mana mengurangi kopling antara resonator. Begitu juga jika dua lengan masing-masing resonator Hairpin dihitung dengan teliti, dua lengan ini berfungsi sebagai sepasang saluran coupled yang mempunyai pengaruh dalam kopling dengan baik. Berikut gambar komponen yang akan dihitung dari perancangan filter hairpin line. Berikut gambar komponen yang akan dihitung dari perancangan filter hairpin line.



Gambar 2. Struktur Hairpin line [5].

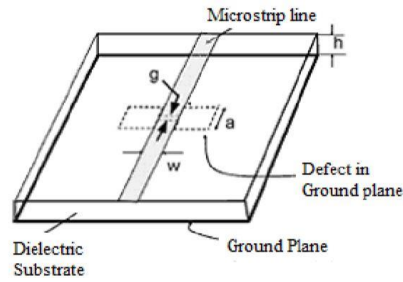
Dalam membentuk saluran, saluran dilipat berbentuk “U” dan kemudian disusun dalam model sehingga seluruh filter dapat lebih ringkas. Untuk mendesain hairpin line dapat dengan teknik kopling dimana koefisien kopling dapat ditentukan dengan persamaan (1) dan (2):

$$Z_{0e} = Z_0[1 + (JZ_0) + (JZ_0)^2] \quad (1)$$

$$Z_{0e} = Z_0[1 - (JZ_0) + (JZ_0)^2] \quad (2)$$

2.7 Defected Ground Structure

Defected Ground Structure (DGS) adalah suatu cara menekan gelombang permukaan dengan cara menghilangkan (etch) sebagai bidang bumi (ground). Hal ini dikarenakan gelombang permukaan ini mengakibatkan penurunan performansi filter, seperti VSWR dan insertion loss. Teknik DGS yang diterapkan yaitu dengan cara mencatitkan bidang ground pada filter mikrostrip dengan bentuk tertentu. Arus distribusidi ground plane akan terganggu dikarenakan adanya slot yang tergoreskan [6].



Gambar 3. Bentuk Sistem DGS [6].

Kelebihan dari penggunaan DSG adalah mampu menghasilkan bandwidth yang relatif sempit dan dapat menambah insertion loss. Namun DGS memiliki kekurangan yaitu tidak cocok untuk filter yang memiliki bandwidth lebar.

3. Bandpass Filter Hairpin Chebyshev untuk Implementasi SAR

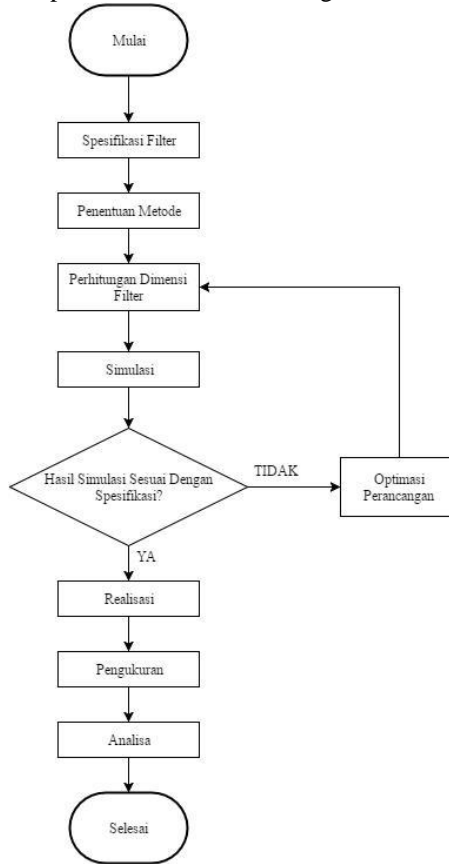
3.1. Spesifikasi Filter

Berikut adalah spesifikasi Filter yang akan dirancang.

Jenis Filter	: Chebyshev
Frekuensi Kerja	: 1750 MHz
Frekuensi stopband bawah	: 1700 MHz
Frekuensi cut-off bawah	: 1720 MHz
Frekuensi cut-off atas	: 1780 MHz
Frekuensi stopband atas	: 1800 MHz
Lebar Pita (Bandwidth)	: 60 MHz
Ripple	: 0.1 dB
Insertion Loss	: ≥ -3
Return loss	: ≤ -10
VSWR	: ≤ 2

3.2 Flowchart

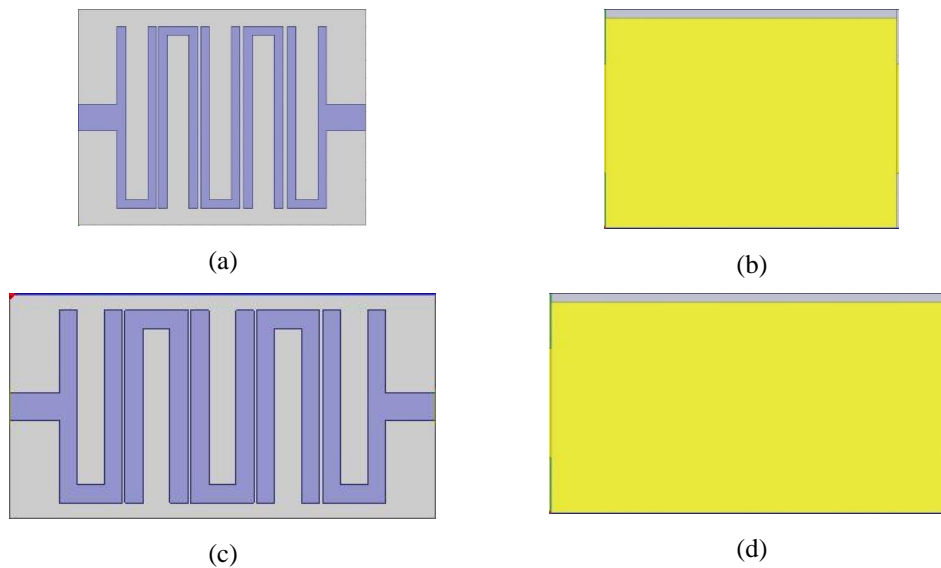
Adapun *Flowchart* kerja dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Flowchart Penelitian.

3.3 Bentuk Rancangan Filter

Berdasarkan hasil simulasi awal, tampak Filter yang di desain adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Tampak depan filter Fr-4 Epoxy (a), dan tampak belakang filter Fr-4 Epoxy (b), Tampak depan filter Taconic RF-35 (c), dan tampak belakang filter Taconic RF-35 (d),

Tabel 1 Variabel yang diinputkan untuk Substrat FR-4 Epoxy

Variabel	Ukuran(mm)	Variabel	Ukuran(mm)
wf	3.061	sf	5.5098
lf	3.2019	S12	0.323092038
wr	3.061	S23	0.327816614
lr	23.02	S34	0.327816614
h	1.6	S45	0.32309203
t	0.0035		

Tabel 2 Variabel yang diinputkan untuk Substrat Taconic RF-35

Variabel	Ukuran(mm)	Variabel	Ukuran(mm)
wf	3.437	sf	6.1866
lf	3.5964	S12	0.323092038
wr	3.437	S23	0.327816614
lr	25.855	S34	0.327816614
h	1.52	S45	0.323092038
t	0.0035		

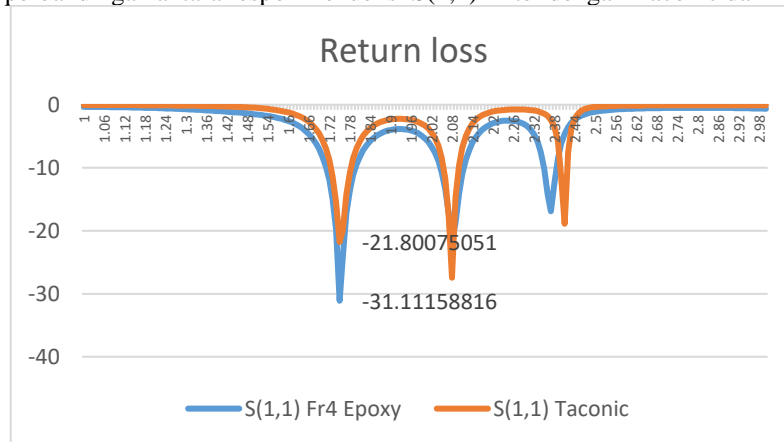
3.4 Analisis Simulasi dan Realisasi

Berikut tabel dari hasil simulasi Filter dengan substrat Taconic RF-35, simulasi Filter dengan substrat FR-4 Epoxy, dan realisasi Filter dengan substrat Fr-4 Epoxy. Setelah melihat hasil dari baik insertion loss dan Return loss. Kita dapat melakukan persamaan dari perbandingan banyak daya yang dimasukkan pada device RF yang merupakan filter ini.

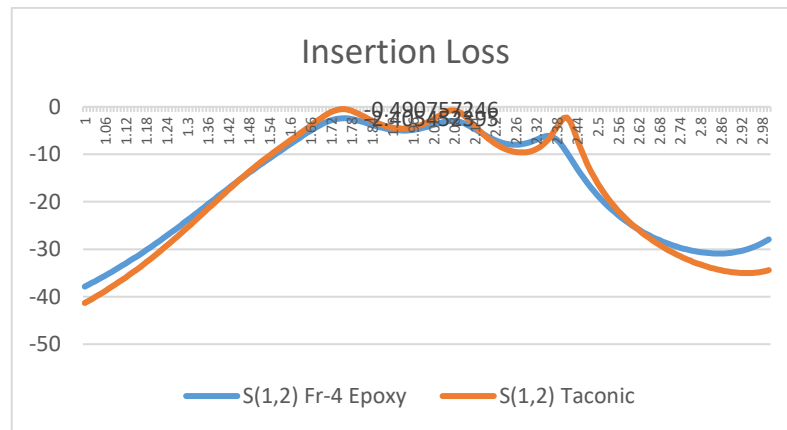
Tabel 3 Tabel hasil simulasi dan Realisasi

Parameter	Simulasi Taconic RF-35	Simulasi FR-4 Epoxy	Realisasi FR-4 Epoxy
Frekuensi tengah	1.75 Ghz	1.74 GHz	1.8 GHz
Range Frekuensi	1.65Ghz-1.85Ghz	1.3GHz-1.8GHz	1.75GHz- 1.85GHz
Return Loss	-21.801 dB	-18.02 dB	-20.949 dB
Insertion Loss	-0.4908 dB	-2.469 dB	-3.8478 dB
Bandwidth	200 Mhz	500 MHz	100 MHz
Pout (Jika dianggap Pin=1 Watt)	0.8872413808Watt	0.5742671712Watt	0.40612173665Wat

Hasil perbandingan insertion loss dapat dimasukkan dalam sebuah grafik. Grafik ini memetakan perbandingan antara respon frekuensi S(1,1) Filter dengan Taconic dan Fr-4 Epoxy.



Grafik 1 Respon frekuensi S(1,1).



Grafik 2 Respon frekuensi S(1,1).

4. Simpulan

Menurut hasil perhitungan daya yang dilewatkan, didapat perbedaan yang cukup signifikan antara performa filter dengan Substrat FR-4 Epoxy dan Taconic RF-35, Taconic RF-35 memiliki performa yang paling baik diantara realisasi FR-4 Epoxy maupun simulasi FR-4 Epoxy. Realisasi FR-4 Epoxy memiliki nilai performa yang paling buruk bisa dikarenakan oleh kekurangan telitian pada hasil percetakan dan juga loss pada alat pengukuran itu sendiri.

Daftar Pustaka:

- [1] B. Syihabuddin, D. A. Nurmantris, and A. D. Prasetyo, "Perancangan Bandpass Filter Pita Sempit pada Frekuensi L-Band untuk Aplikasi Synthetic Aperture Radar (SAR)," vol. 9, no. 2, pp. 198–203, 2017.
- [2] V. C. Koo *et al.*, "A new unmanned aerial vehicle synthetic aperture radar for environmental monitoring," *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 122, no. November 2011, pp. 245–268, 2012.
- [3] J. Hong and M. J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF / Microwave*. 2001.
- [4] D. Walraven, "Understanding SWR by example," *Tak. Myster. mystique out standing wave ratio.*, no. November, pp. 1–5, 2006.
- [5] R. Baxter, N. Hastings, A. Law, and E. J. . Glass, *Complete Wireless Design*, vol. 39, no. 5. 2008.
- [6] H. A. Hassan, "Design & Size Reduction Analysis of Micro Strip Hairpin Band Pass Filters," no. January, 2015.