

PERANCANGAN BAND PASS FILTER (BPF) METODE HAIRPIN BERBASIS MICROSTRIP PADA FREKUENSI 2,4 GHz

Irawati Razak¹⁾, Abdullah Bazergan¹⁾, Farchia Ulfiah¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The purpose of this research is to design Band Pass Filters (BPF) applied microstrip. BPF is a filter which passes signal frequencies in certain area of upper and lower cut off frequencies. The benefit is to develop QoS in a design of filter innovation that reliable, compact, small, and anti-distortion transmission. This research results BPFs which operates at frequency of 2,4 GHz dan pass signal frequencies of 2,308 – 2,485 GHz. BPFs will stop signal frequencies under frequency of 2,308 GHz and above frequency of 2,485 GHz. Bandwidth frequency of receiving signal is 178 MHz and quality factor of BPFs is 13,5.

Keywords: BPF, frequency, microstrip`

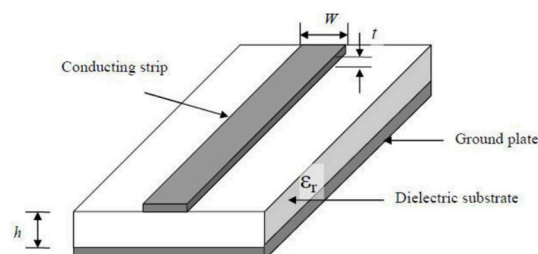
1. PENDAHULUAN

Perangkat telekomunikasi microstrip terdiri dari komponen-komponen elektronik mikro yang didesain melalui fabrikasi microstrip untuk menghasilkan sebuah perangkat yang kecil, ringan, andal dan mudah digunakan. Fabrikasi microstrip memungkinkan biaya perakitan lebih murah, cepat dan efisien sehingga berdampak pada harga perangkat komunikasi yang turut berbiaya murah.

Tujuan khusus penelitian ini adalah merancang bangun Band Pass Filter (BPF) berbasis microstrip pada pita frekuensi 2,4 GHz. Urgensi penelitian adalah meningkatkan kualifikasi teknologi telekomunikasi *broadband* 5G yang handal dan tahan terhadap distorsi transmisi dalam inovasi desain filter demi kualitas layanan komunikasi seluler.

Penelitian sebelumnya [6] menggunakan teori resonator berbentuk kotak dengan penambahan kopling pada saluran catu dan optimasi dimensi filter untuk memperoleh rangkaian filter yang bekerja pada frekuensi tengah 1,27 GHz. Penelitian [7] dan [8] mengaplikasikan metode struktur metamaterial berbasis *open split ring resonator* (OSRR) untuk merancang BPF yang bekerja pada frekuensi 3,5 GHz. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter tersebut memiliki *loss* yang rendah dengan bandwidth lebar untuk diaplikasikan pada perangkat komunikasi nirkabel pita lebar.

Microstrip adalah konduktor tipis dengan lebar w yang dicetak pada bagian atas substrat berdielektrik dengan permitivitas relative ϵ_r , tebal substrat h , tebal mikrostrip t , dan $\tan \delta$ (juga disebut *loss tangent* atau *tangen delta*). Substrat tersebut memiliki *ground plane* pada sisi yang berlawanan dengan jalur mikrostrip. Di atas strip adalah udara sehingga bila tanpa *shielding* sebagian medan elektromagnetik akan meradiasi, dan sebagian lagi ada yang masuk kembali kedalam substrat dielektrik. Jadi ada dua dielektrik yang melingkupi strip: udara dengan konstanta dielektrik satu dan substrat dengan konstanta dielektrik $\epsilon_r > 1$. Dengan demikian saluran mikrostrip, secara keseluruhan, dapat kita pandang sebagai sebuah saluran dengan dielektrik homogen yang lebih besar dari satu tapi lebih kecil dari ϵ_r .



Gambar 1. Konstruksi Microstrip

Filter diklasifikasikan berdasarkan karakteristik respon frekuensi dalam bentuk *passband* yaitu respon *Butterworth* (*maximally flat*) dan *Chebyshev*. Bentuk respon frekuensi tergantung dari jumlah elemen atau orde filter. Semakin banyak jumlah elemen filter maka bentuk *passband* semakin curam dan

¹ Korespondensi penulis: Irawati Razak, HP/WA: 081343841230, ira_razak@poliupg.ac.id

sebaliknya apabila jumlah elemen sedikit, bentuk *passband* menjadi landai. Nilai elemen untuk respon *Butterworth* dan *Chebyshev* termuat dalam tabel [1].

Metode *hairpin* merupakan pengembangan dari metode *parallel coupled* dimana saluran *coupled line* $\lambda/4$ dilipat sebesar L atau $(\lambda/4)-b$ dengan b adalah panjang saluran yang tidak terkopel. *Filter* ini mempunyai struktur yang tersusun rapi dan ditentukan oleh lipatan-lipatan resonator *parallel-coupled*, *half-wavelength resonator filter* berbentuk “U”, dengan sudut lekukan sebesar 90° . Resonator bentuk “U” inilah yang disebut dengan *hairpin resonator*. Konsekuensinya, desain *hairpin* menggunakan persamaan dari *parallel-coupled* dan *half-wavelength resonator filters*.

Untuk desain lebar resonator BPF *microstrip* dapat dihitung melalui persamaan (1), Persamaan (2), dan Persamaan (3), sedangkan untuk desain panjang resonator BPF *microstrip* dapat dihitung melalui Persamaan (4), Persamaan (5), dan Persamaan (6).

Untuk Lebar Resonator :

$$w = \frac{W}{h} \cdot h \quad (1)$$

dengan,

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (2)$$

dimana,

$$A = \frac{ZO}{60} \frac{\sqrt{\epsilon_r + 1}}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right) \quad (3)$$

Untuk Panjang resonator :

$$L = \frac{\left(\frac{\pi}{180} \right)^{\circ}}{\sqrt{\epsilon_e K_o}} \cdot \phi \quad (4)$$

dimana,

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{\frac{1}{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} \quad (5)$$

dan,

$$K_o = \frac{2\pi f}{c} \quad (6)$$

Untuk jarak antar resonator dapat menggunakan persamaan koefisien kopling pada persamaan (7) yaitu:

$$K_n = \frac{FBW}{\sqrt{g_n g_{n+1}}} \quad (7)$$

Dimana, g_0, g_1, \dots, g_n , adalah nilai elemen dari *prototype Low Pass* dengan *cutoff* tenormalisasi $\Omega_c = 1$, *FBW* adalah *fractional bandwidth*.



Gambar 2. Konfigurasi Umum BPF Metode *Hairpin*.

2. METODE PENELITIAN

Spesifikasi filter yang akan dirancang terdiri dari frekuensi, *bandwidth*, *insertion loss*, *return loss*, bahan dielektrika dan elemen *prototype* BPF. Setelah menentukan spesifikasi filter yang akan direalisasikan, selanjutnya proses perhitungan dilakukan untuk memperoleh desain *Band Pass Filter* *Microstrip* yang diinginkan.

Perhitungan desain *hairpin* ditentukan oleh persamaan (1-7) sedangkan perhitungan desain lengan *input* dan *output* dilakukan melalui *Software NI AWR Design Environment 2012*. Persamaan (1) digunakan untuk memperoleh lebar saluran resonator, hasilnya adalah 3 mm. Panjang Saluran Resonator menggunakan persamaan (4) yang mana nilai lamda (λ) yang digunakan adalah $\frac{1}{2} \lambda$ dan $\phi = 180^\circ$. Nilai panjang total resonator *hairpin* yaitu 31 mm diluar nilai pencatu lengan *output/input* resonator. Panjang slide faktor/penghubung 2 saluran memiliki panjang 1-2 kali dari lebar saluran resonator *Hairpin*. Apabila slide faktor atau penghubung 2 saluran menggunakan ukuran $sf = 4$ mm, maka panjang L_1 dan L_2 adalah sebagai berikut:

$$L = L_1 + L_2 + sf \text{ maka } L_{1,2} = 13.5 \text{ mm}$$

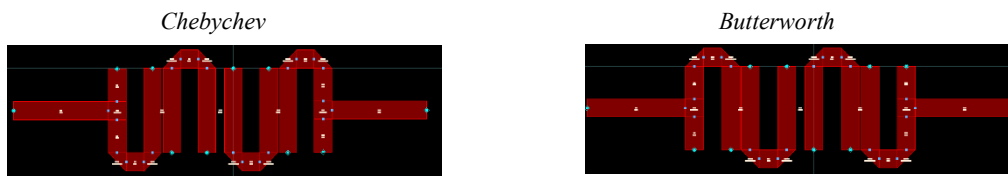
Maka panjang resonator keseluruhan adalah 31 mm yang mana panjang slide factor atau penghubung 2 saluran adalah 4 mm dan panjang lengan resonator adalah 13.5 mm.

Jarak antar resonator yang paling baik dapat diperoleh dari koefisien kopling dan simulasi terhadap jenis respon dan elemen prototype yang digunakan. Pada perancangan ini, digunakan respon *chebysev* berorde 4 dengan *ripple* 0,1 dB. Untuk orde 4 dan *ripple* 0,1dB, respon frekuensi tersebut memiliki parameter seperti pada tabel [1] sebagai berikut: $g_1 = 1.1088$, $g_2 = 1.3062$, $g_3 = 1.7704$, $g_4 = 0.8181$ dan $g_5 = 1.3554$. Berdasarkan nilai parameter tersebut, koefisien kopling antar resonator dapat ditentukan dengan perhitungan dengan persamaan (7). Untuk respon *butterworth* berorde 4 memiliki nilai g_1 hingga g_4 sesuai pada tabel [1].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

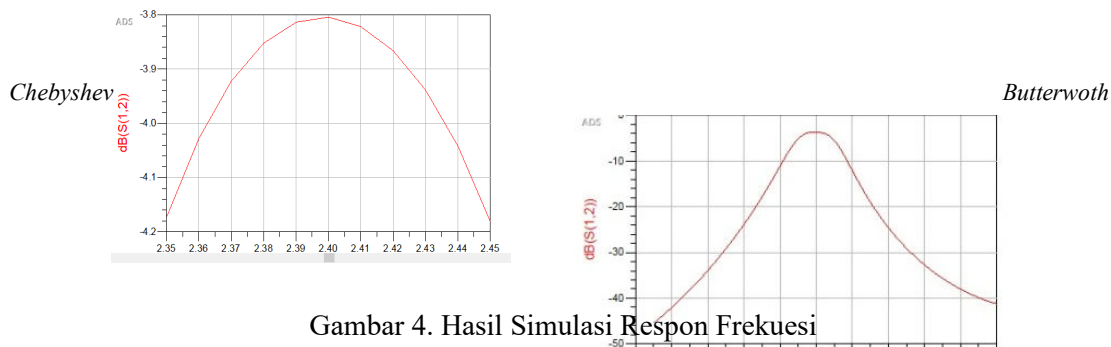
Ukuran dimensi resonator BPF Microstrip dengan metode *Hairpin* setelah optimasi adalah :

Parameter	Dimensi Respon Frekuensi (mm)	
	<i>Chebychev</i>	<i>Butterworth</i>
Lebar Resonator (W)	3	3
Panjang lengan resonator ($L_{1,2}$)	14	14
Penghubung 2 lengan resonator/slide factor (sf)	3	3
Jarak Resonator 1 dan 2 serta resonator 3 dan 4 (S1)	0,4	0,2
Jarak Resonator 2 dan 3 (S2)	1,6	1,8
Panjang Pencatu (L)	16,7	16,7



Gambar.3 BPF *Hairpin* Setelah Optimasi Perancangan

Hasil simulasi optimasi, diperoleh spesifikasi filter sesuai yang telah ditargetkan yaitu Frekuensi tengah = 2.4 GHz, *Bandwidth* = 200 MHz, *Insertion loss passband* = -3 dB dan *Return loss* = 33 dB.



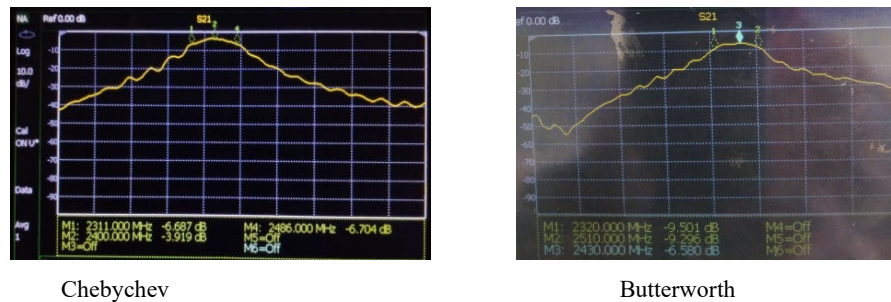
Gambar 4. Hasil Simulasi Respon Frekuensi

Setelah mendapatkan hasil simulasi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, maka langkah selanjutnya adalah fabrikasi BPF. Dimensi BPF adalah 30 mm x 18 mm. Desain BPF terlebih dahulu digambar menggunakan software *Corel Draw* dan dicetak lalu dipindahkan ke papan PCB. Berikut adalah hasil cetakan BPF :



Gambar 5. Hasil Cetakkan BPF Pada PCB

Selanjutnya adalah mengukur BPF dari hasil fabrikasi yang telah dibuat. Kabel *RP SMA Male to Male* yang telah dikalibrasi di VNA (*Vector Network Analyzer*) dihubungkan ke port 1 dan port 2 microstrip untuk melihat respon filter. Berikut adalah respon BPF hasil pengukuran :



Gambar 6. Hasil Pengukuran BPF Pada VNA

BPF terdiri dari tipe *high pass* dan *low pass*. BPF adalah filter yang melewatkan sinyal yang berada dalam area penerimaan 2 frekuensi *cutoff*. Dari desain ini, BPF beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz ($P = 0$ dB) dan melewatkan frekuensi mulai dari frekuensi 2308 MHz sampai dengan 2485 MHz ($P = 3$ dB). BPF akan meredam sinyal diluar area penerimaan 2 frekuensi *cutoff*. Sinyal yang diredam adalah sinyal yang memiliki frekuensi di bawah frekuensi 2308 MHz dan di atas frekuensi 2485 MHz. Lebar jalur (*bandwidth*) penerimaan sinyal adalah selisih dari 2 frekuensi *cutoff* sehingga diperoleh nilai 178 MHz. Faktor kualitas BPF adalah 13,5.

PARAMETER FILTER	NILAI
Frekuensi Tengah ($P = 0$ dB)	2400 MHz
Frekuensi Cutoff 1($P = -3$ dB)	2308 MHz
Frekuensi Cutoff 2($P = -3$ dB)	2485 MHz
Bandwidth	178 MHz
Qfactor	13,5

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian disimpulkan sebagai berikut:

- 1) *Band Pass Filter* dapat direalisasikan dengan menggunakan metode *Hairpin* pada frekuensi 2.3 – 2.5 GHz.
- 2) Respon BPF dibedakan oleh bentuk passband. Untuk respon buterworth, passband berbentuk datar dan respon chebychev akan berbentuk *ripple* sesuai dengan nilai ripple tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] Hong, Jia-Seng, and M.J. Lancaster. 2001. *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. New York:Wiley and Sons.

[2] Bowick, Chrisdkk. 2008. “*RF Circuit design*”. 2nd Ed. Elsevier,Inc. Burlington, USA.

[3] McLyman.Wm.T. 2004.“*Transformer and Inductor design Handbook*”. 3rd . KG Magnetics, Inc, California, USA.

[4] *Pressman, Abraham I.* 2002. “*Switching Power Supply Design*”. McGraw Hill Companies Inc, new York, USA.

[5] Razak,Irawati. 2009. “*Jobsheet Praktikum Laboratorium Frekuensi Tinggi 1*”. PoliteknikNegri Ujung Pandang.

[6] Syihabuddin, Budi. 2017. Perancangan *Bandpass Filter* Pita Sempit pada Frekuensi *L-Band* untuk Aplikasi *Synthetic Aperture Radar* (SAR). Jurnal Infotel Vol.9 No.2 Mei 2017.

- [7] Suherman, Andri. 2015. Perancangan Band Pass Filter (BPF) Frekuensi 3,5 GHz Berbasis Struktur Metamaterial Mikrostrip. Digital Information & System Conference 2015.
- [8] Triprijooetomo. 2015. Perancangan *Wideband Band Pass Filter* (BPF Dengan Metamaterial Mikrostrip) Frekuensi 1,78 GHz – 3,38 GHz. SETRUM – Volume 4, No. 1, Juni 2015

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberikan pendanaan sehingga penelitian kepada masyarakat dapat terlaksana dengan baik.