

Rancang Bangun Filter Band Pass Mikrostrip Menggunakan Metode *Square Open Loop* Resonator Berbasis Defected Ground Structure untuk Pemancar Televisi Digital

Sudi Mariyanto Al Sasongko*¹, Muhammad Ma'ruf¹, Suthami Ariessaputra¹, Cahyo M. O. Muvianto¹
¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram

*Corresponding Author Email: mariyantosas@unram.ac.id

ABSTRAK

Filter ialah salah satu bagian yang bernilai dalam sistem telekomunikasi sehingga keberadaannya sangat memastikan kesuksesan dalam sistem komunikasi. Salah satu kategori filter yang ringan serta mempunyai ukuran kecil ialah filter mikrostrip. Perancangan Filter mikrostrip memakai tata cara square open loop resonator yang berbasis *defected ground structure* (DGS) pada bagian ground-nya. Model *square open loop resonator* ini mempunyai dimensi ukuran yang kecil, dan dilengkapi dengan defected ground structure untuk menaikkan nilai dari insertion loss (S_{21}) dan buat kurangi nilai dari return loss (S_{11}). Pada frekuensi 190 MHz untuk rangkaian BPF tanpa tambahan DGS diperoleh nilai *insertion loss* (S_{21}) ialah -0.26 dB dan nilai *return loss* (S_{11}) sebesar -8 dB serta sebaliknya pada rangkaian BPF dengan suplemen DGS dihasilkan nilai insertion loss (S_{21}) adalah -0.22 dB dan nilai dari return loss (S_{11}) sebesar -24 dB. Filter mikrostrip square open loop resonator yang menggunakan defected ground structure terbuat dari Printed Circuit Board (PCB) double layer FR-4 Epoxy. Pada frekuensi 190 MHz untuk rangkaian BPF tanpa tambahan DGS diperoleh nilai insertion loss (S_{21}) yaitu -0.46 dan nilai return loss (S_{11}) yaitu -16 dB serta B sebaliknya pada BPF dengan tambahan DGS diperoleh nilai return loss (S_{11}) sebesar -17 dB serta nilai insertion loss (S_{21}) sebesar -0.34 dB. Hasil filter tersebut dapat digunakan sebagai alat praktek siaran TV Digital.

Keyword: *band pass filter*, Mikrostrip, *square open-loop resonator*, *defected ground structure*, return loss, insertion loss

1. PENDAHULUAN

Televisi merupakan salah satu teknologi telekomunikasi simpleks yang sangat efektif untuk menyampaikan informasi kepada masyarakat umum berupa suara dan gambar. Informasi yang disampaikan dari stasiun TV (transmitter) ke masyarakat sebagai penerima informasi (*receiver*) tersebut menggunakan gelombang radio (*wireless*) sebagai penghantarnya. Pada prinsipnya, sebelum informasi tersebut bisa disalurkan melalui media udara, terlebih dahulu informasi tersebut harus dirubah dalam bentuk gelombang elektromagnetik kemudian disalurkan melalui frekuensi tertentu yang sudah ditetapkan sebelumnya. Siaran Televisi Digital juga dapat bekerja pada Band III VHF dengan rentang frekuensi antara 174 MHz sampai dengan 230 MHz (Ch et al., 2016).

Pada prinsipnya, untuk dapat mentransmisikan suatu frekuensi tertentu dari suatu stasiun televisi ke penerima membutuhkan proses penyaringan frekuensi atau filteralisasi. Proses Filteralisasi tersebut dapat menentukan kualitas dari suatu sinyal yang akan dikirimkan (Rinditayoga & Widi Astuti, 2016). Filter adalah suatu alat yang berfungsi untuk meloloskan hanya frekuensi tertentu yang menjadi wilayah kerjanya serta meredam semua frekuensi yang berada diluar wilayah

kerjanya. Salah satunya adalah BPF (Band Pass Filter). Filter jenis ini dapat meloloskan frekuensi pada rentang tertentu (Praludi & Sulaeman, 2016).

Salah satu tipe dari BPF yaitu filter mikrostrip. Filter mikrostrip merupakan filter yang terbuat dari bahan mikrostrip (Chetioui et al., 2015). Sedangkan mikrostrip itu sendiri merupakan suatu bahan yang bersifat konduktor listrik tipis yang dipisahkan dari alas pentanahan (*ground plane*) oleh suatu isolator serta mampu menggantikan nilai induktansi dan kapasitansi yang sangat kecil. Konduktor adalah suatu bahan yang dapat menghantarkan listrik dengan baik sedangkan isolator adalah suatu bahan yang tidak bisa menghantarkan listrik dengan baik.

Filter planar pada saluran transmisi mikrostrip dapat menyesuaikan dengan metode yang digunakannya (Nabil et al., 2021). Salah satu tekniknya yang menggunakan Universal Impedance Resonator adalah berbentuk *Open Loop resonator*. Bentuk square dapat di peroleh dengan membengkokkan atau mebelokkan sebesar 90° dari resonator yang berbentuk lurus.

Penggunaan resonator bentuk ini juga dapat diaplikasikan untuk filter pada frekuensi tinggi (Nabel Toresa Anggraini). Selain itu Resonator ini dapat diaplikasikan pada teknologi radar yang bekerja pada frekuensi S-Band (Maulidini et al., 2020).

Model *defected ground structure* (DGS) merupakan bentuk pola yang tersusun pada bidang ground. Struktur DGS biasanya digunakan pada rangkaian filter dalam mikrostrip line yang akan menolak suatu frekuensi tertentu seperti pada *Electromagnetic Band Gap* (EBG). Metode DGS dapat merubah sifat dari gelombang dengan cara membuat satu atau lebih pola pada bidang ground. Model *defected ground structure* (DGS) mampu menurunkan nilai return loss (S_{11}) serta mampu meningkatkan nilai insertion loss (S_{21}) dari filter (Dwi et al., 2021). Model ini juga memiliki ukuran dimensi yang relatif kecil.

Pada penelitian ini, Jenis filter yang akan dirancang dan dibuat yaitu sebuah Band Pass Filter mikrostrip menggunakan metode *Square Open Loop resonator* dengan tambahan *defected ground structure* (DGS) pada bagian ground-nya. BPF ini dapat diaplikasikan pada siaran TV Digital Band III VHF.

2. METODE

Perancangn filter ini menggunakan *band pass filter* (BPF) mikrostrip dengan metode *square open loop* (SOL) resonator dengan tambahan *defected ground structure* (DGS) pada bagian *ground*-nya. *band pass filter* yang dibuat ini dapat bekerja pada frekuensi *Band III VHF* yang memiliki rentang frekuensinya antara 174 MHz – 230 MHz.

Spesifikasi dari *band pass filter* mikrostrip yang menggunakan metode *Square Open Loop Resonator* tersebut adalah:

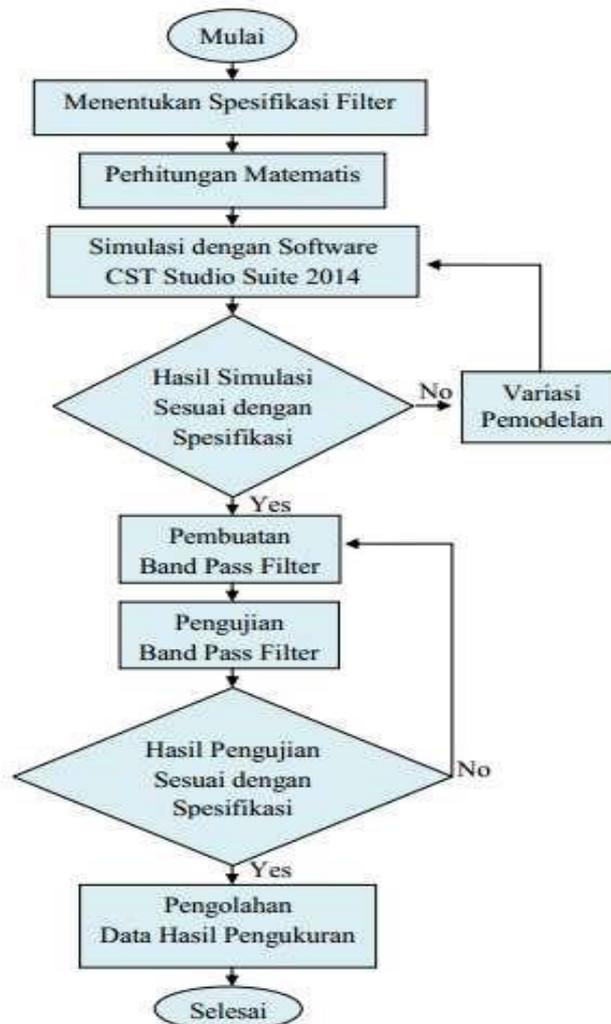
Tabel 1. Spesifikasi dari *band pass filter*.

No.	Parameter	Nilai
1	<i>Min Frequency</i> (f_{c1})	174 MHz
2	<i>Max Frequency</i> (f_{c2})	230 MHz
3	<i>Bandwidth</i>	56 MHz
4	<i>Insertion Loss</i>	-0,25 dB nominal

5	Return Loss	≤ -10 dB
6	Impedance	50 Ω

Diagram Alir

Diagram alir dari perancangan *band pass filter* ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

Bahan Filter

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini yaitu:

- 1). *Printed Circuit Board (PCB) double layer FR-4 Epoxy*. Spesifikasi dari PCB tersebut adalah memiliki Tebal bahan dielektrik (h) = 0,16 cm, Tebal konduktor (t) = 0,005 cm dan Permittivitas relatif bahan dielektrik (ϵ_r) = 4,4;
- 2). Konektor VHF Female dengan impedansi karakteristik 50 Ohm.
- 3). Akrilik sebagai penguat bentuk pisik *filter* setelah proses pabrikasi selesai.
- 4). Aluminium siku-siku sebagai penguat konektor VHF Female.

Perancangan Filter

Proses perancangan band pass filter mikrostrip ini mulai dari perhitungan matematis, perancangan ukuran, dan desain filter sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Perhitungan Matematis

Perhitungan matematis terdiri dari beberapa tahap yaitu : menentukan nilai frekuensi tengah (f_0), menentukan nilai lebar saluran input dan output, Perhitungan Ukuran *Resonator* dan merancang konstruksi dan simulasi *band pass filter*.

Menentukan Nilai Frekuensi Tengah (f_0)

Dalam proses menentukan nilai frekuensi tengah, informasi yang dibutuhkan yaitu hanya nilai frekuensi minimum dan frekuensi maksimum. Dengan menggunakan persamaan (1) , maka perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$f_0 = \sqrt{f_{c1} \times f_{c2}} \quad (1)$$

$$f_0 = \sqrt{(174 \times 10^6) \times (230 \times 10^6)}$$

$$f_0 = 200,049938 \text{ MHz.}$$

Menentukan Nilai Lebar Saluran Input dan Output (w)

Dalam proses menentukan nilai lebar saluran input dan output dari band pass filter yang akan dirancang dan dibuat ini pada umumnya akan menggunakan standar impedansi input dan output peralatan yang digunakan di industri telekomunikasi yaitu sebesar 50Ω . Dengan menggunakan persamaan (2) dibawah ini, proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$A = \frac{Z_0}{60} \left[\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right]^{0,5} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left[0,23 + \frac{0,11}{\epsilon_r} \right] \quad (2)$$

$$A = \frac{50}{60} \left[\frac{4,4 + 1}{2} \right]^{0,5} + \frac{4,4 - 1}{4,4 + 1} \left[0,23 + \frac{0,11}{4,4} \right]$$

$$A = 1,529861949$$

$$\frac{w}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (3)$$

$$\frac{w}{h} = \frac{8e^{1,529861949}}{e^{2 \times 1,529861949} - 2}$$

$$\frac{w}{h} = 1,911859365$$

maka, $w = h \times$

$$1,911859365 \text{ w =}$$

$$0,16 \times 1,911859365$$

$$w = 0,3058974984$$

cm.

Sehingga berdasarkan perhitungan tersebut, nilai lebar saluran input dan output (w) dari band pass filter yang akan dirancang dan dibuat yaitu 0,3058974984 cm.

Perhitungan Ukuran Resonator

Dalam perancangan ukuran *resonator*, panjang dari *resonator* akan berpengaruh pada resonansi frekuensi yang dihasilkan. Untuk mendapatkan frekuensi (f), panjang dari *resonator* dibuat dengan panjang $\frac{1}{2} \lambda(f)$. Nilai λ tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan umum pada saluran transmisi, namun pada saluran mikrostrip nilai λ dipengaruhi oleh besar kecilnya konstanta dielektrik efektif (ϵ_r, eff). Dalam perancangan *filter* ini, diharapkan frekuensi resonansi dari *resonator* adalah sebesar frekuensi tengah (f_0) dari spesifikasi *filter* yang diinginkan. Sehingga kita dapat menghitung panjang *resonator* yaitu menggunakan persamaan (4) dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\frac{W}{h} = 1,911859365, \text{ sehingga:} \quad u =$$

$$\alpha = 1 + \frac{1}{49} \ln \left[\frac{u^4 + \left(\frac{u}{52}\right)^2}{u^4 + 0,432} \right] + \frac{1}{18,7} \ln \left[1 + \left(\frac{u}{18,1}\right)^3 \right] \quad (4)$$

$$\alpha = 1 + \frac{1}{49} \ln \left[\frac{1,911859365^4 + \left(\frac{1,911859365}{52}\right)^2}{1,911859365^4 + 0,432} \right] + \frac{1}{18,7} \ln \left[1 + \left(\frac{1,911859365}{18,1}\right)^3 \right]$$

$$\alpha = 1 + \frac{1}{49} \ln(0,9687767116) + \frac{1}{18,7} \ln(1,001178507)$$

$$\alpha = 0,9994156148$$

$$b = \left(\frac{\epsilon_r - 0,9}{\epsilon_r + 3} \right)^{0,053}$$

$$0,564$$

$$b = \left(\frac{4,4 - 0,9}{4,4 + 3} \right)^{0,053}$$

$$b =$$

$$0,564$$

$$b = 0,5420575891$$

$$\epsilon_r, eff = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10}{u} \right)^{-\alpha \cdot b}$$

$$=$$

$$\frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left(1 + \frac{10}{1,911859365} \right)^{-(0,9994156148 \times 0,5420575891)}$$

$$\epsilon_r, eff$$

$$=$$

$$\epsilon_r, eff = 3,33099083$$

Dalam proses perancangan *band pass filter* ini diharapkan *band pass filter* tersebut dapat bekerja pada frekuensi tengah **200,049938** MHz, sehingga dengan menggunakan persamaan (5) maka panjang satu gelombang dalam mikrostrip dapat dihitung sebagai berikut:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{r,eff}}} \quad (5)$$

$$\lambda_g = \frac{3 \times 10^8}{200,049938 \times 10^6 \sqrt{3,33099083}}$$

$$\lambda_g = 82,16675108 \text{ cm}$$

$$\frac{\lambda_g}{2} = \frac{82,16675108}{2}$$

$$\frac{\lambda_g}{2} = 41,08337554 \text{ cm}$$

Sehingga berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh panjang *resonator* $(\frac{1}{2})\lambda_g$ adalah 41,08337554 cm. Perhitungan tersebut adalah untuk *resonator* berbentuk lurus. Karena dalam penelitian ini bentuk *resonator* yang akan dirancang dan dibuat adalah berbentuk *square open-loop*, maka untuk mendapatkan nilai rata-rata pendekatan ukuran *resonator square open-loop* dapat menggunakan persamaan (6) berikut.

$$\alpha = \frac{(\frac{1}{2})\lambda_g + gap}{4} + w \quad (6)$$

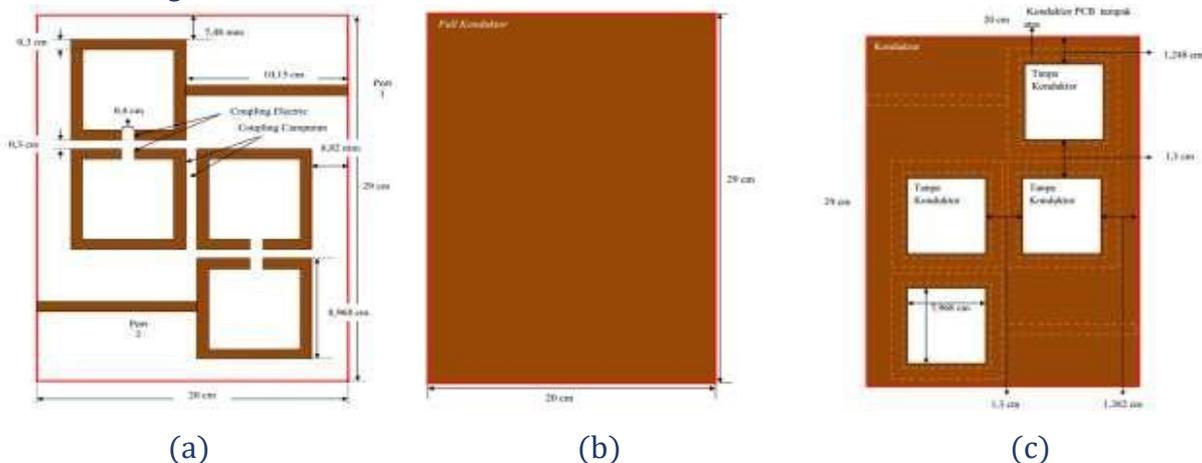
dengan a adalah panjang sisi *resonator*, w adalah lebar *resonator*, dan gap adalah jarak antara kedua ujung *resonator*. Sedangkan untuk nilai gap dan w tidak ada aturan atau formula baku untuk menentukan nilainya.

Dengan menggunakan persamaan (6), maka panjang sisi (α) adalah sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{41,08337554 + 0,8}{4} + 0,3$$

$$\alpha = 10,64584389 \text{ cm}$$

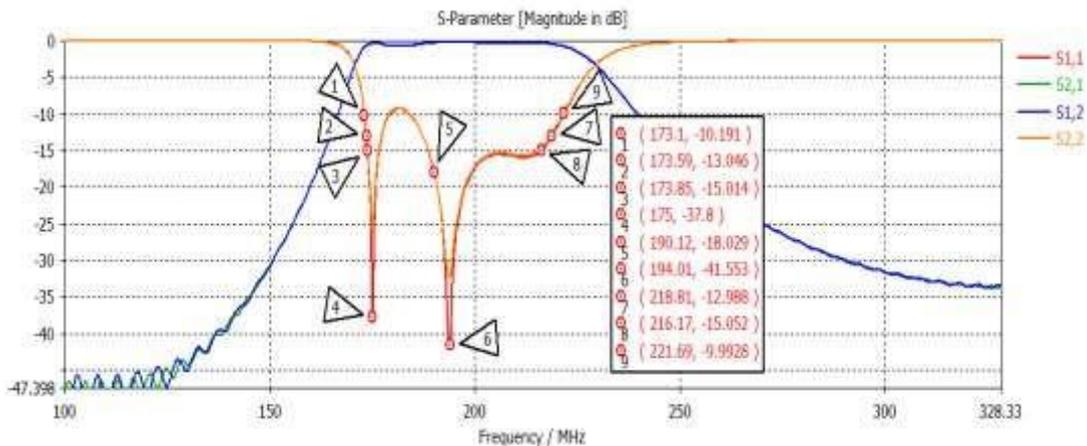
Merancang Konstruksi dan Simulasi Band Pass Filter



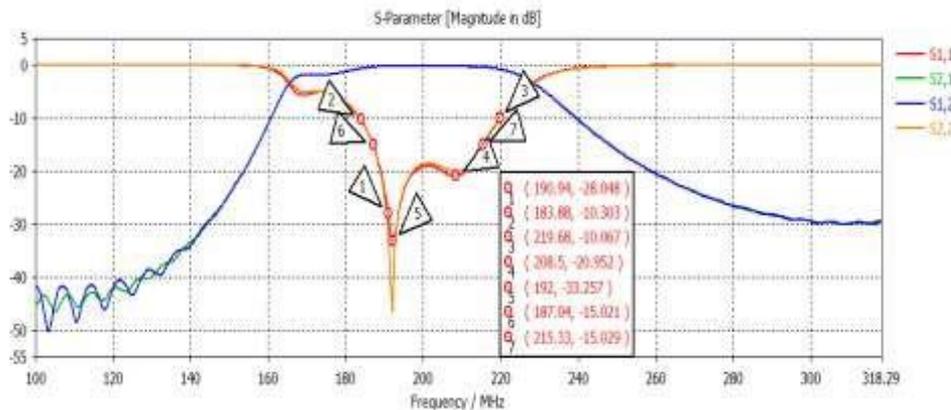
Gambar 2. (a) Konstruksi band pass filter mikrostrip square open loop resonators (tampak atas). (b) BPF pertama tanpa defected ground structure

(tampak bawah). (c) BPF kedua dengan defected ground structure (tampak bawah).

Dari perhitungan matematis yang telah dilakukan dan beberapa uji coba model simulasi dengan cara memvariasikan ukuran, jumlah, model *coupling*, dan jarak antar *resonator* maka didapatkan konstruksi *Filter* terbaik seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya respon S-Parameters dari *band pass filter* tersebut adalah seperti Gambar 3 dan 4 berikut.



Gambar 3 Bentuk respon S-Parameter *band pass filter* mikrostrip *square open loop resonators* tanpa *defected ground structure*.



Gambar 4 Bentuk respon S-Parameter yaitu *band pass filter* mikrostrip *square open loop resonators* dengan *defected ground structure*.

Untuk lebih jelasnya mengenai nilai S_{11} dan S_{21} pada beberapa frekuensi sampel dari *band pass filter* hasil simulasi pada Gambar 4 diatas dapat dilihat dalam Tabel 2 berikut.

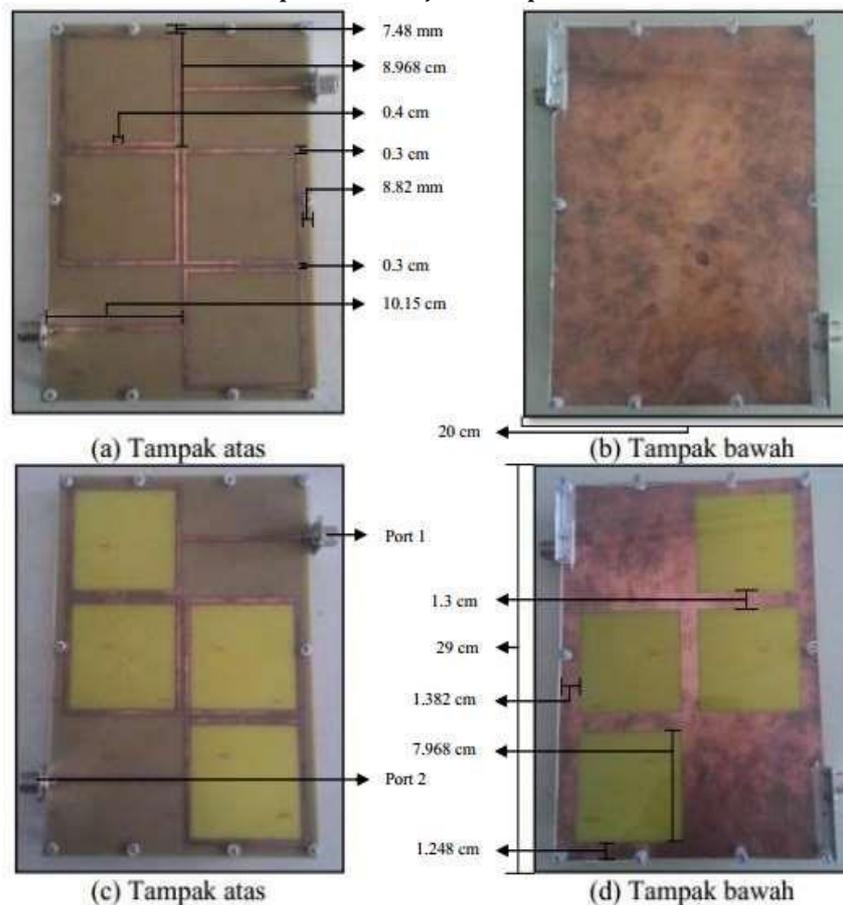
Tabel 2. Perbandingan nilai S-Parameter, VSWR, dan *Bandwidth* dari hasil simulasi *band pass filter* dengan DGS dan tanpa DGS.

Tabel 2. Perbandingan nilai S-Parameter

No.	S-Parameter	f (MHz)	Tanpa DGS		Dengan DGS	
			Nilai (dB)	VSWR	Nilai (dB)	VSWR
1	S11	174	-16,263	1,37	-5,11	3.49
2		188	-13,90	1,50	-17,13	1.32
3		190	-17,72	1,29	-23,50	1.14
4		195	-29,11	1,07	-23,62	1.14
5		230	-2,99	5,87	-2,53	6.89
6						
7	S21	174	-0,47	1,37	-1,94	3.49
8		188	-0,40	1,50	-0,34	1.32
9		190	-0,28	1,29	-0,28	1.14
10		195	-0,20	1,07	-0,27	1.14
		230	-3,61	5,87	-4,24	6.89

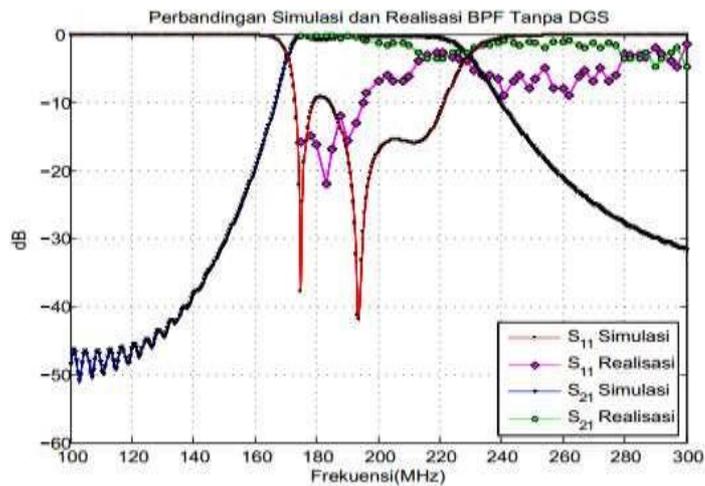
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun bentuk fisik dari band pass filter (BPF) mikrostrip menggunakan metode square open loop resonator dengan defected ground structure (DGS) pada band III VHF tersebut adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Hasil band pass filter (BPF)

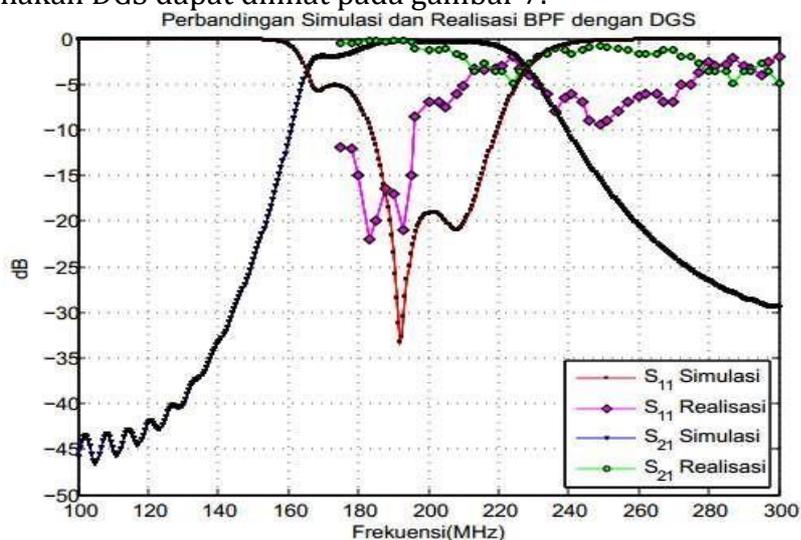
Perbandingan hasil simulasi dan realisasi BPF mikrostrip yang tanpa menggunakan DGS dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan hasil simulasi dan realisasi BPF

Dari Gambar diatas dapat dianalisa bahwa antara hasil simulasi dengan realisasi memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan tersebut disebabkan karena pada proses simulasi BPF disimulasikan pada kondisi ideal, sedangkan pada hasil realisasi dipengaruhi oleh beberapa hal seperti loss konektor dan loss bahan tambahan yang tidak masuk diproses simulasi. Bahan-bahan tambahan tersebut seperti konektor VHF female, serat kabel tembaga, timah, baud, dan aluminium.

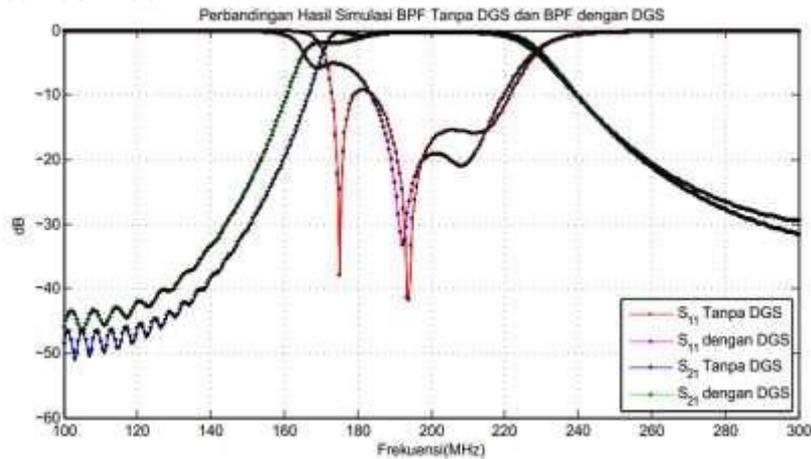
Perbandingan hasil simulasi dan realisasi BPF mikrostrip yang tanpa menggunakan DGS dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan hasil simulasi dan realisasi BPF

Dari Gambar diatas dapat dianalisa bahwa antara hasil simulasi dengan realisasi memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Perbedaan tersebut disebabkan karena pada proses simulasi BPF disimulasikan pada kondisi ideal, sedangkan pada hasil realisasi dipengaruhi oleh beberapa hal seperti loss konektor dan loss bahan tambahan yang tidak masuk diproses simulasi. Bahan-bahan tambahan tersebut seperti konektor VHF female, serat kabel tembaga, timah, baud, dan aluminium.

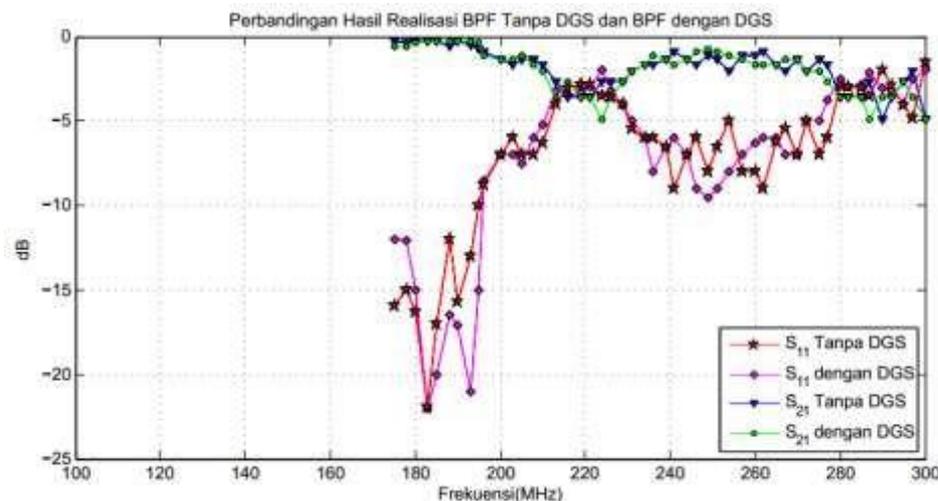
Perbandingan hasil simulasi tanpa DGS dan BPF dengan DGS dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. hasil simulasi tanpa DGS dan BPF dengan DGS

Dari Gambar 8 dapat dianalisa bahwa hasil simulasi BPF dengan DGS jika dibandingkan dengan BPF tanpa DGS memiliki bandwidth yang lebih sempit namun pada frekuensi 197 MHz - 217 MHz mengalami penurunan nilai return loss (S_{11}). Sehingga berdasarkan Gambar 8 tersebut dapat dikatakan bahwa DGS berfungsi untuk menurunkan nilai return loss (S_{11}) dan meningkatkan nilai insertion loss (S_{21}) namun akan mempersempit bandwidth dari BPF.

Perbandingan hasil simulasi tanpa DGS dan BPF dengan DGS dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. hasil simulasi tanpa DGS dan BPF dengan DGS

Dari Gambar 9 dapat dianalisa bahwa realisasi BPF dengan DGS jika dibandingkan dengan realisasi BPF tanpa DGS memiliki kesamaan bandwidth dibawah -10 dB namun memiliki nilai return loss (S_{11}) lebih rendah serta memiliki nilai insertion loss (S_{21}) yang lebih tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa DGS berfungsi untuk menurunkan nilai return loss (S_{11}) serta meningkatkan nilai insertion loss (S_{21}) namun tidak mempengaruhi lebar bandwidth dari BPF tersebut.

4. KESIMPULAN

Band pass filter ini dapat bekerja pada frekuensi 190 MHz. Terlihat bahwa untuk BPF yang tidak menggunakan DGS diperoleh nilai yaitu -0.26 dB sedangkan nilai return loss yaitu -18 dB. Pada rangkaian filter BPF dengan tambahan DGS dihasilkan nilai dari nilai insertion loss yaitu -0.22 dB sedangkan nilai *return loss* yaitu -24 dB. Pada frekuensi 190 MHz untuk BPF tanpa menggunakan DGS diperoleh nilai *insertion loss* sebesar -0.46 dB dan nilai *return loss* (S_{11}) sebesar -16 dB sedangkan BPF dengan tambahan DGS dihasilkan nilai *insertion loss* (S_{21}) ialah -0.34 dB dan nilai *return loss* (S_{11}) sebesar -17 dB

5. DAFTAR REFERENSI

1. Ch, S., Sasongko, S. M. Al, Suksmadana, I. M. B., Muvianto, C. M. O., & Ariessaputra, S. (2016). Low Cost RF Amplifier for Community TV. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 105(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/105/1/012030>
2. Chetioui, M., Benabdallah, N., Benahmed, N., & Boumediene, L. (2015). Design of Novel Cross-Coupled Trisection Bandpass Filters with Open-Loop Resonators. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 6(May).
3. Dwi, D., Dharu, A., & Edwar. (2021). Bandpass filter Untuk Ultrawide Band Radar Dengan Metode Defected Ground Structure Bandpass filter For Ultrawide-Band Radar Using. *EProceeding of Engineering*, 8(4), 3833–3837.
4. Maulidini, R. A., Hidayat, M. R., & Praludi, T. (2020). Band-Pass Filter Microstrip at 3 GHz Frequency Using Square Open-Loop Resonator for S-Band Radar Applications. *Jurnal Elektronika Dan Telekomunikasi*, 20(2), 53. <https://doi.org/10.14203/jet.v20.53-59>
5. Nabil, A. D., Sulaeman, E., Elektro, T., Bandung, P. N., Kunci, K., Filter, B. B., Elektrik, K., & Rc, R. (2021). *Simulasi dan Analisis Balanced Bandpass Filter Dengan Metode Kopling Elektrik dan Magnetik Berbasis Open Loop Resonators Pada Frekuensi 2510 MHz*. 4–5.
6. Praludi, T., & Sulaeman, Y. (2016). Desain dan Realisasi Filter Bandpass Mikrostrip Dengan Struktur Hairpin. *Jurnal Elektronika Dan Telekomunikasi*, 13(1), 33. <https://doi.org/10.14203/jet.v13.33-37>
7. Rinditayoga, N. R., & Widi Astuti, D. (2016). Perancangan Dan Realisasi Bandpass Filter Dengan Metode Open Loop Square Resonator Untuk Microwave Link. *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(3). <https://doi.org/10.22441/jte.v7i3.891>