

## MINIATURISASI MIKROSTRIP BAND PASS FILTER UNTUK APLIKASI RADAR C-BAND MINIATURIZATION OF BAND PASS FILTER MICROSTRIP FOR RADAR C-BAND APPLICATIONS

Izzan Radhi Mafazi<sup>1</sup>, Dr. Levy Olivia Nur, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Edwar, ST., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[izzan030495@gmail.com](mailto:izzan030495@gmail.com) - [levyolivia@telkomuniversity.ac.id](mailto:levyolivia@telkomuniversity.ac.id) - [edwarm@tass.telkomuniversity.ac.id](mailto:edwarm@tass.telkomuniversity.ac.id)

### Abstrak

*Radio Detection and Ranging (Radar)* adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map informasi cuaca. Panjang gelombang yang dipancarkan oleh radar bervariasi mulai dari milimeter hingga meter. didalam radar terdapat satu komponen bernama filter. Filter merupakan rangkaian pemilih frekuensi yang dapat melewatkan frekuensi yang diinginkan dan menahan (*couple*) / membuang (*by pass*) frekuensi lainnya.

Pada penelitian ini dirancang suatu filter dengan medel *meander loop resonator* yang dapat memberikan ukuran filter yang kecil dan kemudahannya dalam melakukan proses optimasi. Selain menggunakan meander loop resonator di dalam perancangan ini juga di gunakan *Defected Ground Structure* pada bagian *ground plane* untuk memberikan efek redaman dan juga respon filter yang selektif. Filter ini dirancang pada fekuensi tengah 5.800 GHz dengan lebar *bandwidth* 100 MHz .

Diperoleh realisasi dari filter MLR dan DGS dengan menggunakan duroid 4003C dan permitivitas dielektrik 3,55 didapat frekuensi tengah dari filter berada pada frekuensi 5,76 GHz dengan *bandwith* sebesar 94 MHz berada pada rentang frekuensi 5,71 GHz – 5,80 GHz. Nilai *insertion loss* dan *return loss* yang di dapat dari hasil tersebut adalah -4,26 dB dan -21,35 dB. Ukuran filter yang di dihasilkan 22 mm x 22 mm.

**Kata kunci:** RADAR, *Meander Loop Resonator*, *Defected Ground Structure*.

### Abstract

*Radio Detection and Ranging (Radar)* is an electromagnetic wave system that is useful for detecting, measuring distances and making maps of weather information. The wavelengths emitted by radar vary from millimeters to meters. in the radar there is one component named filter. Filter is a frequency selector circuit that can pass the desired frequency and hold (*couple*) / discharge (*by pass*) other frequencies.

In this study designed a filter with a medley *meander loop resonator* that can provide a small filter size and simplicity in performing the optimization process. In addition to using a meander loop resonator in this design is also in use *Defected Ground Structure* on the ground plane to provide damping effect and also selective filter response. This filter is designed at a frequency of 5,800 GHz with a bandwidth width of 100 MHz.

Obtained realization of MLR filter and DGS by using 4003C duroid and permittivity of dielectric 3,55 obtained middle frequency of filter is at frequency 5,76 GHz with bandwidth equal to 94 MHz is in frequency range 5,71 GHz - 5,80 GHz. The insertion loss and return loss values of the results are -4,26 dB and -21,35 dB. Filter size generated 22 mm x 22 mm.

**Keywords:** RADAR, *Meander Loop Resonator*, *Defected Ground Structure*.

### 1 Pendahuluan

Radio Detection and Ranging (RADAR) adalah suatu sistem yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mendeteksi, mengukur, dan membuat map suatu objek atau benda dengan cara memancarkan sinyal [1].

*Synthetic Aperture Radar (SAR)* merupakan salah satu jenis teknologi dari radar, yang difungsikan untuk melakukan *monitoring* atau *sensing* pada suatu daerah atau wilayah yang dipergunakan dalam mempermudah para peneliti untk mengetahui keadaan wilayah tersebut. Berbeda dengan radar konvensional yang mendeteksi dan menyajikan informasi lokasi atau jarak, SAR menyajikan informasi dalam bentuk citra atau gambar[2].

Prinsip kerja SAR ini adalah mentransmisikan sinyal berupa *chirp signal* dari *transmitter* ke objek yang kemudian sinyal *chirp* ini akan dipantulkan kembali dan diterima oleh antenna *receiver* dari sistem SAR. Data yang diterima tersebut akan disimpan dan akan diproses hingga diperoleh informasi-informasi yang di inginkan seperti bentuk citra gambar dari objek yang dikenai oleh sinyal *chirp* tersebut.[2].

Pada penelitian ini dibahas bagaimana membuat filter *bandpass* dengan saluran mikrostrip yang menggunakan bahan dielektrik Rogers Duroid 4003C nilai permitivitas dielektrik ( $\epsilon_r$ ) sebesar 3,55. Penggunaan bahan dielektrik ini karena nilai *tangent loss* ( $\tan \delta$ ) bahan sebesar 0,0024 menghasilkan redaman yang kecil dan akan menghasilkan respon filter yang baik, dengan kelebihan itu maka kekurangannya yaitu harga yang lebih mahal dibandingkan bahan umum yang lebih sering digunakan untuk PCB yaitu FR-4 serta keterbatasan pengadaan bahan di pasaran.

Didalam penelitian ini menggunakan model Meander Loop Resonator dimana pemilihan model ini digunakan karena dimensi yang di dihasilkan akan lebih kecil dari model-model yang lain. Dan penggunaan DGS *dumbbell* untuk memperkecil *bandwidth* yang didapatkan dari filter *bandpass* tersebut.

2. Dasar Teori

2.1 Parameter Filter

Untuk mendapatkan hasil filter dengan spesifikasi yang telah ditentukan terdapat beberapa parameter penting dalam pengukuran filter. Parameter tersebut antara lain *insertion loss*, *return loss*, dan *Q-factor*.

2.1.1 Insertion Loss

Insertion loss adalah seberapa daya yang mampu diserap oleh beban tanpa dikembalikan, atau biasa disebut sebagai perbandingan dari *power transmitted* dengan *power received*. Nilai dari insertion loss harus < 1 atau mendekati 0 dalam *decibel* (dB). *Insertion loss* dapat dinyatakan pada persamaan 2.1 berikut [3]:

$$Il = 10 \log PTPR = -20 \log |S_{21}| \text{ dB} \tag{2.1}$$

2.1.2 Return Loss

*Return loss* adalah daya yang diserap oleh beban, tapi dipantulkan kembali. Hal ini terjadi karena rangkain tidak *matching* antara beban dan sumber. Nilai *return loss* harus seminimal mungkin untuk mendapatkan transfer daya maksimum, seperti pada persamaan dibawah ini:

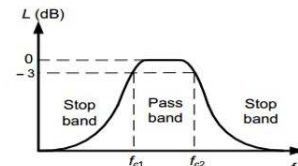
$$Rl = 10 \log PR PT = 10 \log \left( \frac{VSWR+1}{VSWR-1} \right)^2 \tag{2.2}$$

2.1.3 Q Factor

*Q factor* atau faktor Q adalah faktor kualitas yang merupakan rasio dari frekuensi tengah rangkaian resonan yang berpengaruh terhadap *bandwidth*. Faktor Q menunjukkan tingkat selektivitas dari suatu filter, semakin tinggi nilai Q maka semakin selektif filter untuk memilih frekuensi diluar daerah *passband* yang menunjukkan respon frekuensi yang tajam.

2.2 Band Pass Filter

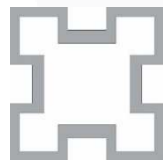
BPF atau *band pass filter* merupakan filter yang meloloskan frekuensi dibawah frekuensi *cutt-off* tinggi (*f1*) dan frekuensi diatas frekuensi *cut-off* rendah (*f2*) serta meredam frekuensi yang lainnya. Untuk melihat respon filter dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Respon Filter BPF Ideal

2.3 Meander Loop Resonator

Filter Meander loop Resonator adalah satu dari sekian banyak desain filter mikrostrip yang mempunyai keunggulan dalam hal ukuran. Filter Meander Loop Resonator ini biasanya memiliki kesamaan ukuran dalam dimensinya, ini menjadikannya sesuai untuk sistem yang menginginkan ukuran yang relatif kecil dan efisien gambar 2.2 menunjukkan bentuk dasar filter Meander Loop Resonator [4]. Panjang masing-masing sisi ditentukan oleh  $\lambda_g$  dimana panjangnya akan dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan dengan  $\epsilon_e$  yang didapat



Gambar 2.2 Bentuk Filter Meander Loop Resonator



Gambar 2.3 Kopling antara Resonator dan Saluran I/O

Untuk mendapatkan ukuran resonator awal maka di gunakan rumus persamaan 2.9 - 2.12 dan di dalam menghitung  $\epsilon_{ref}$  yang mengguakan persamaan 2.7 - 2.8 dengan w menggunakan persamaan 2.9 [5]

$$W = \frac{c}{2 Fc \sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \tag{2.9}$$

$$L_{cf} = \frac{c}{2 Fc \sqrt{\epsilon_{ref}}} \tag{2.10}$$

$$\Delta L = 0.412 \times h \times \frac{\epsilon_{ref}+0.3}{\epsilon_{ref}-0.258} \times \frac{w/h+0.264}{h/w+0.8} \tag{2.11}$$

$$L = L_{cf} + 2 \Delta L \tag{2.12}$$

Dimana W untuk menentukan ukuran resonator awal dengan perubahan  $\Delta L$  yang menghasilkan lebar resonator L. Sedangkan Ukuran resonator menggunakan  $L = W$  dikarenakan berbentuk *square* maka hanya menggunakan L .

Untuk mendapatkan nilai dari  $\lambda_g/4$  dapat digunakan persamaan 2.13 – 2.15

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_c} \tag{2.13}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{2.14}$$

$$L = \frac{\lambda_g}{4} \tag{2.15}$$

Dengan nilai  $c$  adalah cepat rambat gelombang cahaya di udara yang memiliki nilai sebesar  $3 \times 10^8$  m/s,  $f_c$  merupakan frekuensi tengah dari filter,  $\epsilon_{eff}$  adalah konstanta dielektrik efektif,  $\lambda_0$  adalah panjang gelombang di udara, dan  $\lambda_g$  adalah panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip.

Sedangkan Untuk ukuran meander itu sendiri menggunakan persamaan 2.16 - 2.19

$$S = 0.13 \times \lambda_g \tag{2.16}$$

$$W = 0.0417 \times \lambda_g \tag{2.17}$$

$$D = 0.0937 \times \lambda_g \tag{2.18}$$

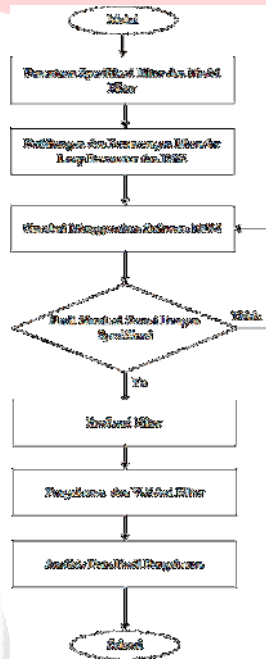
$$d = (D - (2 \times W)) \tag{2.19}$$

Dimana  $S$  merupakan lekukan kedalam dari resonator, kemudian  $W$  merupakan tebal resonator,  $d$  merupakan gap antar resonator didalam lekukan  $S$ . Dapat dilihat pada gambar 2.3 [6].

### 3. Perancangan dan Implementasi Sistem

#### 3.1 Desain Model Sistem

Dalam pengerjaan tugas akhir ini meliputi beberapa tahap alur pengerjaan dengan memperhatikan beberapa keluaran yang di harapkan. Diagram alur pengerjaan tugas akhir ini dapat di lihat pada gambar 3.1 berikut:

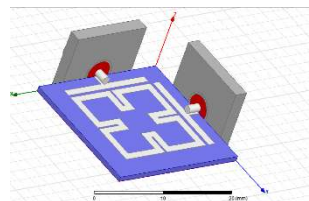


Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan

Alur dari perancangan filter ini dimulai dari penentuan spesifikasi dan model yang digunakan. Perancangan *microstrip band pass filter* ini menggunakan medel *meander loop resonator* dimana penentuan bentuk dan ukuran awal menggunakan hasil perhitungan manual. Simulasi hasil perhitungan yang belum sesuai maka di lakukan optimasi menyesuaikan parameter pada spesifikasi yang telah di tentukan di awal. Optimasi ini juga menambahkan teknik DGS untuk mendapatkan hasil yang selektif. Setelahnya melakukan realisasi *filter* yaitu pencetakan dengan menggunakan bahan yang telah di tentukan, kemudian di lakukan pengukuran *filter*. Jika pada hasil pengukuran *filter* sesuai dengan hasil simulasi optimasi di simulator dan mengalami beberapa perbedaan maka dilakukan analisis untuk mengetahui penyebab perbedaan tersebut.

#### 3.2 Simulasi Bandpass Filter Mikrostrip Meander Loop Resonator

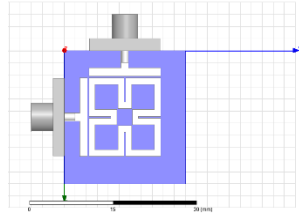
Setelah melakukan perhitungan semua parameter untuk mendapatkan dimensi resonator, langkah selanjutnya yang harus di lakukan adalah melakukan simulasi dari hasil perhitungan di *software HFSS 15.0*. Gambar 3.2 memperlihatkan dimensi layout dari filter pada *software HFSS 15.0*.



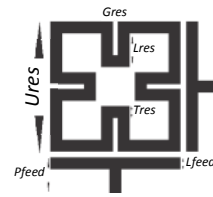
Gambar 3.2 Dimensi Simulasi

### 3.3 Hasil Optimasi dan Dimensi Bandpass Filter Mikrostrip Meander

Setelah dilakukan serangkaian optimasi, didapatkan dimensi Filter hasil optimasi seperti pada gambar 3.13:



Gambar 3.2 Dimensi Hasil Optimasi



Gambar 3.3 Desain Optimasi

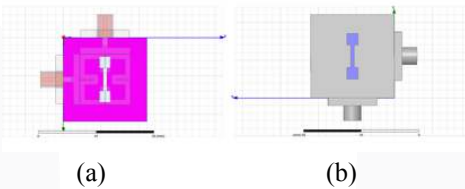
Tabel 3.1 Dimensi Filter Mikrostrip Perhitungan

Variable	Parameter	Dimensi
$U_{res}$	Ukuran Resonator	13 mm
$T_{res}$	Tebal Resonator	1.1 mm
$L_{res}$	Lekukan Resonator	3.57 mm
$G_{res}$	Gap Resonator	0.3 mm
$L_{feed}$	Lebar Feed	1.4 mm
$P_{feed}$	Panjang Feed	3.01 mm

### 3.4 Mikrostrip dengan DGS Dumbell

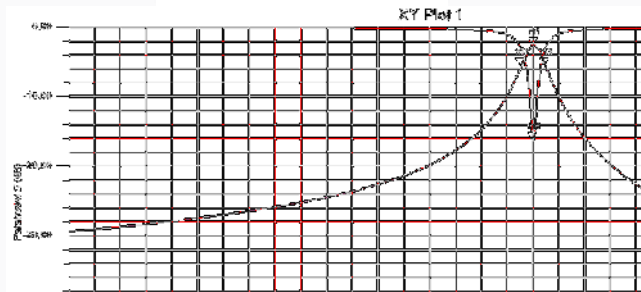
#### 3.4.1 Penambahan DGS Dumbell

Pada Tugas Akhir ini, digunakan DGS dhumbell yang letaknya pada bagian *ground plane* dan dipasang di tengah dari *ground plane*. Untuk keperluan pabrikan maka lebar jalur dari dgs harus di atas 0.3 mm. Dimensi dari DGS itu sendiri dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Dimensi penambahan (a) tampak atas (b) tampak bawah

Dari hasil perancangan penambahan DGS tersebut, dilakukan *running* untuk mendapatkan hasil respon frekuensi *insertion loss* dan *return loss*. Berikut hasil dari penambahan DGS dhumbell berupa respon frekuensi *insertion loss* dan *return loss*.



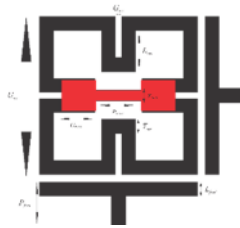
Gambar 3.5 Hasil Penambahan DGS

Hasil yang di dapat setelah di tambah DGS sebagai berikut *insertion loss* yang di dihasilkan sebesar -2,687 dB pada frekuensi 5,802 GHz, nilai *return loss* yang di dihasilkan sebesar -16,374, dan *bandwidth* yang di dapatkan sebesar 94 MHz (5,754 GHz – 5,848 GHz). Hasil dari penambahan teknik DGS *Dhumbell* memberikan dampak hasil pada bentuk respon filter yang sudah ideal dimana seperti spesifikasi awal.

Tabel 3.2 Dimensi Filter Mikrostrip Dengan DGS

Variable	Parameter	Dimensi
$U_{res}$	Ukuran Resonator	13 mm
$T_{res}$	Tebal Resonator	1.1 mm
$L_{res}$	Lekukan Resonator	3.57 mm
$G_{res}$	Gap Resonator	0.3 mm
$L_{feed}$	Lebar Feed	1.4 mm
$P_{feed}$	Panjang Feed	3.01 mm

$U_{DGS}$	Ukuarn DGS	3 mm
$P_{DGS}$	Panjang DGS	6 mm
$T_{DGS}$	Tebal DGS	1 mm

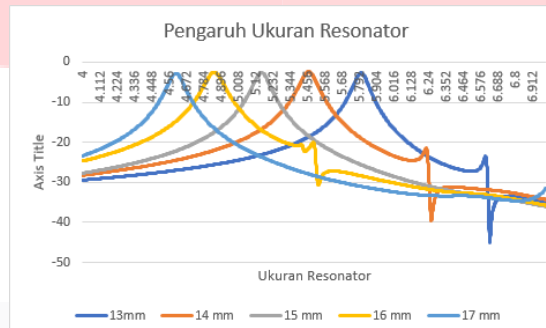


Gambar 3.6 Desain Penambahan DGS

#### 4. Pengukuran dan Analisa

##### 4.1 Analisa Perancangan *Bandpass Filter*

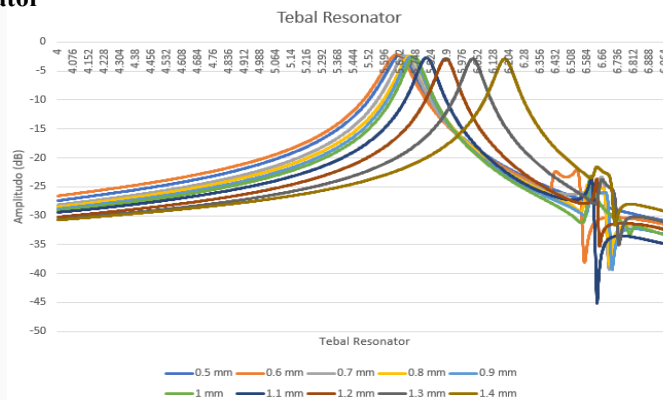
##### 4.1.1 Pengaruh Ukuarn Resonator



Gambar 4.1 Grafik Perubahan Ukuran Resonator

Ukuran resonator dapat memberikan pengaruh dari frekuensi kerja filter. Semakin sempit ukuran dari resonator maka frekuensi kerjanya semakin tinggi dan sebaliknya semakin besar ukuran resonator maka, semakin rendah frekuensi yang akan di dapatkan. Nilai paling optimal untuk ukuran resonator adalah 13 mm dengan menghasilkan frekuensi tengah yang sudah berada di 5.8 GHz dan sesuai dengan spesifikasi awal.

##### 4.1.2 Pengaruh Tebal Resonator



Gambar 4.2 Grafik Perubahan Ketebalan Resonator

Ketebalan resonator mempengaruhi nilai *insertion loss* dari filter. Semakin tebal resonatro maka nilai *insertion loss* semakin kecil dan sebaliknya jika semakin tipis ketebalan resonator maka nilai *insertion loss* akan semakin membesar. Namun semakin tipis jalur resonator maka akan mempersusah waktu realisasi. Nilai paling optimal dan mendekati frekuensi kerja untuk ketebalan resonator adalah 1,1 mm dengan nilai *insertion loss* sebesar 2,72 dB.

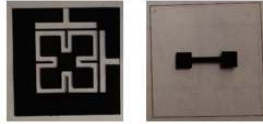
##### 4.1.3 Pengaruh Kopling Resonator

Perubahan kopling I/O berpengaruh pada nilai *insertion loss* dan juga *bandwidth* yang di dihasilkan oleh filter.

#### 4.2 Realisasi *Bandpass Filter Mikrostrip Meander Loop Resonator dengan DGS Dumbbell*

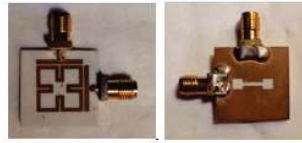
##### 4.2.1 Pembuatan Film Negatif

Tahap awal dari realisasi filter adalah membuat film negatif *layout* filter dari simulator sebelum dilakukan pencetakan pada substrat Rogers Duroid 4003C. Gambar 4.5 merupakan film negatif dari filter



Gambar 4.3 (a) Tampak atas (b) tampak bawah negatif filter

4.2.2 Realisasi Mikrostrip



Gambar 4.4 (a) Tampak atas (b) tampak bawah negatif filter

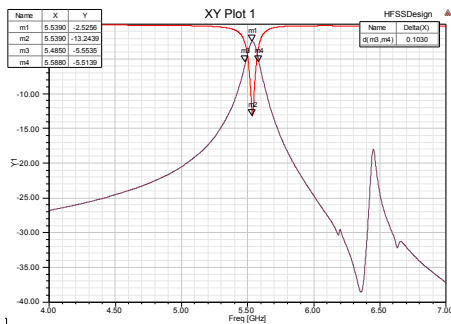
Dari hasil realisasi perancangan menghasilkan filter yang mempunyai dimensi 22 mm x 22 mm dengan material susbtrart Rogers Duroid 4003C dengan ketebalan susbstrat dan tembaga sebesar 0,85 mm.

4.3 Analisa Hasil Pengukuran

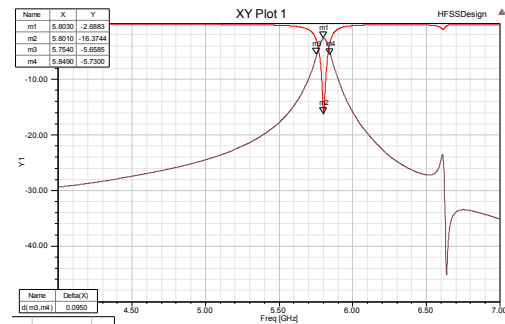
Berikut grafik hasil perbandingan filter sebelum dan sesudah ditambahkan DGS *dumbell* pada saat simulasi:

Tabel 4.1 Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penambahan DGS

Parameter	Spesifikasi	Sebelum DGS	Setelah DGS
Frekuensi Tengah	5.8 GHz	5.539 GHz	5.8 GHz
Bandwidth	≤ 100 MHz	103 MHz	95 MHz
Return Loss	≤ -10 dB	-13.24 dB	-16.37 dB
Insertion Loss	≥ -3 dB	-2.52 dB	-2.69 dB



Gambar 4.5 Grafik Sebelum DGS



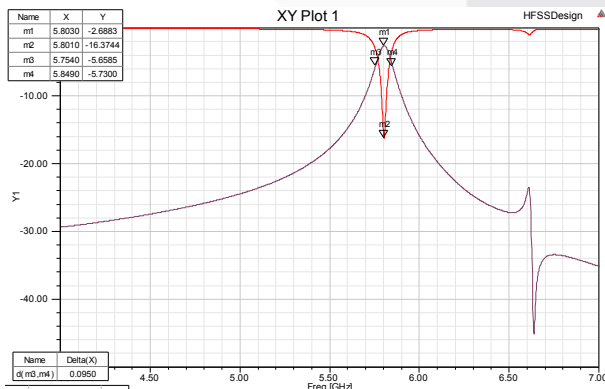
Gambar 4.6 Grafik Sesudah DGS

Dari grafik di tersebut menunjukkan penambahan DGS sangat berarti untuk meningkatkan *insertion loss*, *returnloss*, *mempersempit bandwith* dan mendapatkan frekuensi tengah dari filter yang akan di realisasikan dengan ketentuan seperti spesifikasi awal.

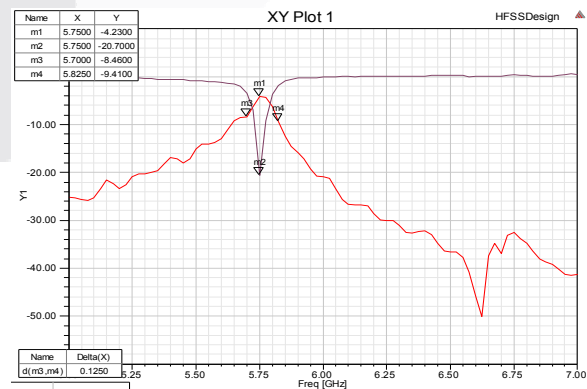
Berikut grafik dan tabel hasil perbandingan saat simulasi dan hasil pengukuran realisasi filter:

Tabel 4.2 Perbandingan Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi Tengah	5.8 GHz	5.8 GHz	5.75 GHz
Bandwidth	≤ 100 MHz	95 MHz	113 MHz
Return Loss	≤ -10 dB	-16.37 dB	-20.7 dB
Insertion Loss	≥ -3 dB	-2.69 dB	-4.23 dB



Gambar 4.7 Grafik Simulasi



Gambar 4.8 Grafik Pengukuran

Dari grafik dan tabel yang sudah di dapat, *return loss* hasil realisasi mengalami penajaman sebesar 3,7 dB. Dan *insertion loss* mengalami penurunan sebesar 1,78 dB. Dibandingkan dengan nilai simulasi. Hasil realisasi dan simulasi tersebut belum sesuai dengan spesifikasi awal terutama di *insertion loss* karena masih  $\leq -3$  dB. Sedangkan untuk *return loss* sudah melebihi spesifikasi awal yaitu  $\geq -14$  dB. Dan untuk *bandwidth* juga belum memenuhi spesifikasi awal dimana hasil di simulasi lebih baik dari hasil pengukuran yang masing – masing berada di 92 MHz dan 113 MHz. Karena di sebabkan bebrapa faktor antara lain tidak adanya ruang vacum. Dari hasil percobaan yang dilakukan saat proses simulasi maupun pengukuran dengan menggunakan bahan Rogers Duroid 5880 dan mengalami sedikit perubahan dimensi *bandwidth* yang di dapat sedikit memberikan hasil yang lebih baik dari memakai bahan Rogers Duroid 4003C.

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, realisasi dan pengukuran *bandpass* filter mikrostrip Meander Loop Resonator, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan menggunakan model meander loop resonator belum didapatkan respon filter yang sesuai dengan spesifikasi, Namun dengan penambahan kopling dan DGS dapat memberikan efek respon filter yang memiliki nilai *insertion loss* dan *return loss* yang lebih baik dan memiliki *bandwidth* yang lebih sempit..
2. Dari hasil perancangan desain filter yang telah dilakukan pada proses simulasi dan realisasi didapatkan dimensi PCB sebesar 22 mm x 22 mm.
3. Penambahan teknik DGS *dumbell* dapat memberikan efek pereduksian *bandwidth* filter sebesar 13.027% bila dibandingkan dengan tidak menggunakan teknik DGS *dumbell*.
4. Respon filter yang diperoleh dari realisasi berada di frekuensi tengah 5.75 GHz. Hasil ini mengalami pergeseran sebesar 0,86% dibandingkan dengan hasil simulasi.
5. *Bandwidth* filter yang didapat pada proses reallisasi sebesar 113 MHz. *Bandwith* ini mengalai pelebaran sebesar 18,58% bila dibandingkan dengan proses simulasi.

### 5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Perancangan filter dapat dilakukan dengan bahan yang memili ketebalan berbeda dari percobaan yang telah dilakukan. Misal dengan menggunakan bahan yang memiliki ketebalan sekitar 0.51 mm.
2. Jika ingin memperoleh ukuran filter yang kecil, bisa menggunakan bahan yang memili nilai  $\epsilon_r$  yang besar. Misalkan dengan bahan Rogers Duroid 4350 yang memiliki  $\epsilon_r$  3.66 lebih besar dari Roger Duroid 4003C yang hanya memili  $\epsilon_r$  3.55.
3. Pencetakan film negatif perlu diperhatikan, setiap dimensi pada pra-cetak film negatif harus disesuaikan dengan membandingkan ukuran dimensi yang ada pada proses simulasi, agar bahan dan realisasifilter sesuai dengan hasil simulasi.
4. Penyesuaian nilai  $\epsilon_r$  antara bahan dan simulasi harus diperhatikan agar respon filter yang dihasilkan antara simulasi dan realisasi sesuai dan tidak mengalami perbedaan jauh.
- 5.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Skolnik, Introduction to Radar System, McGraw-Hill Book, 1981.
- [2] P. P. I. M. Y. Alberto Moreira, "A tutorial on Synthetic Aperture Radar," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 2013
- [3] Edwar, "A Novel of Square Loop Resonator Band Pass Filter by Using Cross-Shape Input/Output Coupling for 9 GHz Application," IEEE, 2016
- [4] J. S. Hong dan M. Lancaster, Microstrip Filters for RF/Microwave Applications, New York: John Wiley and Sons, 2001
- [5] Tilekar Shradha, "Comparative Study of rectangular, Square, Circular, And Meander Patch Microstrip Antenna." Deemed University, 2015.
- [6] M. Harry. B. P dan Wahyu. A." Perancangan Antenna Mikrostrip Meander Line Untuk Sistem Telemetri Roket Uji Muatan". Universitas Diponegoro