

PERANCANGAN DAN REALISASI FILTER DENGAN SELEKTIVITAS TINGGI PADA BAND FREKUENSI 1.27 GHZ

DESIGN AND REALIZATION HIGH SELECTIVITY FILTER AT BAND FREQUENCY 1.27 GHZ

Ernaldo Lumbantobing^[1], Dr. Bambang Setia Nugroho, S.T., M.T.^[2], Budi Syihabbudin, S.T., M.T.^[3]

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi no. 1 Dayeuhkolot, Bandung, 40257

ernaldo.tobing@gmail.com, bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id,

budisyihab@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Synthetic Aperture Radar yang lebih dikenal dengan SAR adalah suatu teknologi penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) langsung pada permukaan bumi. Agar mendapatkan hasil penginderaan yang baik, maka frekuensi yang lain yang tertumpang pada saat modulasi dalam perangkat dan interferensi lainnya seharusnya dihilangkan. Untuk menghilangkan interferensi pada perangkat dan interferensi tersebut yang lebih dikenal dengan nama filter.

Pada perancangan sebuah *filter* terdapat beberapa teknik yang dapat digunakan untuk merancang sebuah filter dengan selektivitas yang tinggi. Teknik yang dapat digunakan, yaitu *port input / output* langsung dihubungkan ke *filter*, *port input / output* disambungkan dengan *filter*, *open loop resonators* dengan saluran transmisi yang digabungkan dan *open loop resonators with coupled* dan *crossing lines*. Peningkatan performansi dari filter ini adalah dengan memodifikasi membentuk *open loop squared ring resonator* agar dapat memiliki lebar pita frekuensi sebesar 10 MHz pada frekuensi tengah 1.27 GHz. Bahan yang digunakan dalam filter ini adalah duroid RT-5880 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 2.2. Hasil pengukuran dari *filter* yang direalisasikan berada pada frekuensi 1.272 GHz dengan selektivitas yang baik. Nilai *return loss* sebesar -17.448 dB dan nilai *insertion loss* sebesar -2.994 dB. Namun *bandwidth* filter masih cukup besar yaitu sebesar 22 MHz.

Kata kunci: *Band-pass Filter, Open Loop Square Ring Resonator, duroid RT-5880*

Abstract

Synthetic Aperture Radar, as known as SAR, is a remote-sensing technology toward earth surface. In order to receive the result of good sensing, then the other frequencies overlapped at modulation in device and other interferences should be eliminated. Eliminating interference in device is more known as filter. What is needed for filter is Band-pass filter to be able to forward desired frequency and cut the unwanted frequency.

In a design of filter, there are various techniques that can be used to design a filter with high selectivity. Those techniques are two section microstrip ring filter directly coupled to input/output lines, two section ring filter edge coupled to tapped input/output lines, open loop resonators with coupled lines dan open loop resonators with coupled and crossing lines.

The improving performance from this filter is by modifying and forming *open loop squared ring resonator* in order to have 10 MHz frequency bandwidth and 1.27 GHz center frequency. Material used in this filter is duroid RT-5880 that has a dielectric constant 2.2. The result of measuring realized filter lies on 1.272 GHz frequency with a good selectivity. Return loss value is -16.448 dB and insertion loss value is -2.994 dB. However, bandwidth filter is still quite big, which is 22 MHz.

Keywords: *Band-pass Filter, Open Loop Square Ring Resonator, duroid RT-5880*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dalam teknologi satelit penginderaan jarak jauh menggunakan teknologi kamera yang dapat melihat bentuk bumi secara berkala. Walaupun dapat melihat bentuk bumi, teknologi kamera memiliki sebuah kelemahan yaitu bila daerah yang ingin dipetakan tertutup oleh awan dan dalam keadaan yang gelap. Maka oleh karena itu dikembangkan lagi

sebuah teknologi yaitu *Synthetic Aperture Radar* (SAR) yang menggunakan gelombang radio sebagai sarana dalam pengambilan sebuah data dan juga termasuk dalam *remote sensing*^[5].

Pada penelitian sebelumnya merancang sebuah *coupling of microstrip square open-loop resonator for cross-coupled planar microwave filters* orde 4 dengan frekuensi kerja 2.46 GHz dengan menggunakan bahan dielektrik Duroid RT-6010

dengan nilai permitivitas dielektrik (ϵ_r) sebesar 10,8, faktor kualitas 10% menghasilkan *bandwidth* sebesar 18 MHz.^[3]

Pada penelitian lainnya yaitu *elliptic-function narrow-band bandpass filters using microstrip open-loop resonators with coupled and crossing lines* dengan orde 2 pada frekuensi kerja 1.76 GHz menggunakan bahan dielektrik Duroid RT-6010.5 dengan nilai permitivitas dielektrik (ϵ_r) sebesar 10,5, faktor kualitas 3.7% menghasilkan *bandwidth* sebesar 8 MHz.^[2]

Dan juga, pada penelitian lainnya telah dilakukan perancangan sebuah *filter* dengan metode *Hairpin-Line Band Pass Filter* dengan frekuensi kerja 1.27 GHz dengan menggunakan bahan dielektrik epoxy FR-4 dengan nilai permitivitas dielektrik (ϵ_r) sebesar 4,3, faktor kualitas 0.7%. Dari hasil pengukuran dengan metode tersebut nilai *bandwidth filter* sebesar 38 MHz.

Dalam sistem komunikasi SAR membutuhkan sebuah filter sebagai penghambat dari interferensi yang lain. Filter yang dibutuhkan dalam sistem komunikasi SAR adalah *band pass filter* dengan lebar *bandwidth* sebesar 10 MHz pada daerah kerja 1.265 GHz – 1.275 GHz. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi terhadap *open loop squared ring resonator* dengan penambahan *edge coupled to input/output lines* yang bertujuan untuk mendapatkan *slope* yang tajam pada daerah *passband*.

Filter yang dirancang dengan menggunakan saluran mikrostrip dengan menggunakan bahan dielektrik yaitu duroid RT-5880 dengan nilai permitivitas dielektrik (ϵ_r) sebesar 2.2. Penggunaan bahan dielektrik ini karena bahan tersebut mempunyai nilai *tangent loss* ($\tan \delta$) sebesar 0.0009 sehingga menghasilkan redaman yang kecil dan akan menghasilkan respon filter yang baik.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Merancang sebuah *band pass filter* mikrostrip *open loop squared ring resonator*.
2. Merealisasikan filter dengan kombinasi model *open loop squared ring resonator* dengan menggunakan bahan duroid RT-5880.
3. Melakukan modifikasi pada *open loop squared ring resonator* agar dapat menghasilkan *slope* yang tajam yaitu pada daerah *passband* sebesar 10 MHz.
4. Melakukan pengukuran hasil dari filter dan menganalisanya dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari software simulasi.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana melakukan perancangan dan realisasi sebuah *band pass filter* mikrostrip *open loop squared ring resonator* dengan *slope* yang tajam yaitu *bandwidth* 10 MHz pada frekuensi tengah 1.27 GHz.

2. Bagaimana model modifikasi dari *open squared ring resonator* agar mendapatkan *slope* yang tajam pada daerah *passband* yaitu sebesar 10 MHz.
3. Bagaimana hasil dari parameter-parameter filter mikrostrip hasil sebuah perancangan dengan hasil pengukuran filter yang direalisasikan.

1.4 Batasan Masalah

1. Jenis bahan yang digunakan dalam perealisasi filter adalah duroid RT-5880 dengan konstanta dielektrik 2.2
2. Melakukan perancangan filter dengan menggunakan metoda *high selectivity microstrip open loop squared ring resonator* dengan respon filter yang mempunyai *slope* yang tajam pada daerah *passband*.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah perancangan, simulasi dan perealisasi. Perancangan dilakukan dengan melakukan beberapa tahap perhitungan yang berdasarkan teori yang ada, kemudian melakukan simulasi filter dengan mengubah nilai-nilai penyusun komponennya agar mendapatkan respon filter yang baik. Setelah itu diubah ke dalam bentuk filter mikrostrip dan melakukan simulasi agar dapat menganalisa hasil yang dirancang.

Tahap terakhir adalah merelalisasikan filter yang sudah dirancang dan disimulasi ke dalam bentuk PCB dengan bahan duroid RT-5880. Setelah direalisasikan filter diukur dan dianalisa kembali.

2. Dasar Teori dan Metodologi Perancangan

2.1 Dasar Teori

a. Filter

Filter merupakan suatu perangkat yang dirancang dengan kemampuan untuk dapat melewatkan sinyal dengan *band* frekuensi tertentu dan meredam sinyal di luar *band* tersebut. Jenis dari *band* filter dibagi berdasarkan letak yaitu *passband* dan *stopband* filter. *Passband* adalah daerah frekuensi yang dapat dilewati oleh sinyal, sedangkan *stopband* adalah daerah frekuensi yang tidak dapat dilewati sinyal atau diredam oleh filter. Daerah *passband* dibatasi oleh frekuensi *cut off*, yaitu frekuensi sinyal dimana pada frekuensi tersebut daya turun setengah kali dari daya sinyal atau sebesar 3 dB dari frekuensi *passband*^[1].

Berdasarkan daerah *passband* dan *stopband*-nya, filter dapat dibagi menjadi 4, yaitu: LPF (*Lowpass Filter*), HPF (*Highpass Filter*), BPF (*Bandpass Filter*), BSF (*Bandstop Filter*)^[1].

b. Kopling^[4]

Dalam merealisasikan filter jenis ini, digunakan sebuah saluran transmisi, yaitu mikrostrip. Respon filter dapat dilihat dari

susunan mikrostrip yang jumlahnya kelipatan bilangan genap (2,4,6, atau 8) atau yang biasa disebut dengan *microstrip open loop resonator*.

Untuk mendesain parameter dari *bandpass filter*, seperti pada koefisien kopling dan faktor kualitas lainnya dapat ditentukan dengan rangkaian dari komponen dari *lowpass filter* prototipe. Hubungan diantara parameter *bandpass filter* dengan *lowpass* prototipe dapat

dihubungkan dengan persamaan 2.1 berikut:

$$k_{1,2} = \frac{Z_{1,2}}{Z_0} = \frac{Z_{1,2}}{Z_0} \quad (2.1)$$

$$Z_{1,2} = Z_{1,2} \quad (2.2)$$

untuk $n = 1$ to ∞

$$Z_{1,2} = \frac{Z_0}{2}, \text{ untuk } m = \frac{1}{2}$$

$$Z_{1,2} = \frac{Z_0}{2}, \text{ untuk } m = \frac{1}{2}$$

c. Mikrostrip^[4]

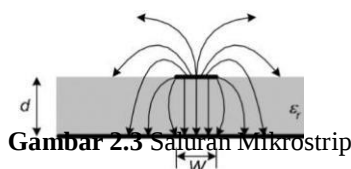
Mikrostrip merupakan saluran transmisi yang terdiri dari konduktor strip (*line*) dan sebuah konduktor bidang tanah yang dipisahkan oleh medium dielektrik dengan konstanta dielektrik ϵ_r . Pada saluran mikrostrip terdapat dua medium yang berbeda yaitu udara dengan konstanta dielektrik (ϵ_0) sebesar 1 dan bahan

dielektrik lain (ϵ_r) > 1 . Konstanta dielektrik

disebut juga konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}).

Media diatas strip adalah udara, tanpa adanya *shielding* sebagian medan elektromagnetik akan meradiasi dan sebagian lagi ada yang masuk

kembali kedalam substrat dielektrik.



Gambar 2.3 Saluran Mikrostrip

Dalam menganalisis karakteristik suatu saluran, adalah dengan awalnya menganggap medium yang memisahkan kedua konduktor adalah udara. Dalam hal ini, bidang tanah sebagai cermin,

$$Q = 1 + \frac{1}{49} \ln \left[\frac{\left(\frac{W}{h}\right)^4 + \left(\frac{h}{52}\right)}{\left(\frac{W}{h}\right)^4 + 0.432} \right] + \frac{1}{18.7} \ln \left[1 + \left(\frac{W}{h}\right)^3 \right] \quad (2.3)$$

$$Q = 0.564 \left(\frac{W}{h} - 0.9 \right) \quad (2.4)$$

Dengan persamaan 2.3 dapat menghitung lebar saluran perangkat (W) dan lebar saluran konektor (W_c) dengan persamaan 2.4 berikut:

Selanjutnya dalam perancangan dimensi mikrostrip terdapat lebar strip yang dapat dihitung dengan persamaan 2.5 berikut:

$$W = \frac{h}{\epsilon_{eff} - 2} \quad (2.5)$$

$$W = \frac{h}{\epsilon_{eff} - 1} \quad (2.6)$$

$$A = \frac{W}{h} \sqrt{\epsilon_{eff}} + \frac{0.23}{W/h} \quad (2.7)$$

$$B = 2.37 \frac{h}{W} \quad (2.8)$$

d. Cross Coupling^[4]

d.1 Kopling Elektrik^[4]

Kopling elektrik merupakan kopling dengan ujung terbuka dari dua buah resonator yang posisinya saling berdekatan dengan medan listrik dan lebih kuat jika mendekati ujung terbuka. Kopling elektrik dapat dihitung dengan persamaan 2.6 berikut:

$$k = \frac{\pi}{16} \epsilon_r \exp(-\frac{W}{h}) \cdot \exp(-\frac{W}{h}) \cdot \exp(-\frac{W}{h}) \quad (2.6)$$

$$k = 0.2559 - 0.01571 \left(\frac{W}{h} \right) + 0.1 \sqrt{\frac{W}{h} + 1} \quad (2.7)$$

$$k = [1.0678 + 0.266 \ln \left(\frac{W}{h} \right)] \cdot \left(\frac{W}{h} \right) \quad (2.8)$$

$$p = 1.0886 + 0.03146 \left(\frac{W}{h} \right)^{1.15} \quad (2.9)$$

$$k = [0.1608 - 0.06945 \sqrt{\frac{h}{W}}] \cdot \left(\frac{h}{W} \right) \quad (2.10)$$

$$k = [-0.9605 + 1.4087 \sqrt{\frac{h}{W}} - 0.2443 \frac{h}{W}] \quad (2.11)$$

d.2 Kopling Magnetik^[4]

Kopling magnetik merupakan kopling virtual *ground* pada resonator, bagian sisi yang saling berlawanan dengan pertemuan ujung-ujung resonator, dua buah resonator saling berdekatan, hal ini menimbulkan medan magnetik yang lebih kuat. Kopling magnetik memiliki fasa yang berlawanan

dengan kopling elektrik. Kopling magnetik dapat dihitung dengan persamaan 2.7 berikut: sehingga saluran strip dicerminkan kembali dengan jarak $2d$ satu sama lain. Kapasitansi kedua saluran

tersebut adalah ϵ_{eff} . Konstanta dielektrik efektif

adalah perbandingan antara kapasitansi terdistribusi saluran dengan dielektrik terhadap ϵ_0 . Konstanta dielektrik efektif dapat ditentukan dengan persamaan 2.3 berikut:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_0 + 1}{2} + \frac{\epsilon_0 - 1}{2} \left[1 + \frac{W}{h} \right]^{-1} \quad (2.3)$$

dengan:

$$F_{eff} = \frac{\pi}{16} \cdot F_{eff} \exp(-\epsilon_{eff}) \cdot \exp(-\epsilon_{eff}) \cdot \exp(-\epsilon_{eff}) \quad (2.7)$$

$$\epsilon_{eff} = [-0.06834 + 0.14142 \frac{W}{h} + 0.08655 (\frac{W}{h})^2]$$

$$\epsilon_{eff} = 1.2 \left(\frac{W}{h} \right)^{pm} = 0.8885 - 0.1751 \sqrt{\frac{W}{h}}$$

$$\epsilon_{eff} = [1.154 - 0.8242 \sqrt{\frac{h}{W}} + 0.1417 \frac{h}{W}] \cdot ()$$

$$F_{eff} = -0.5014 + 1.0051 \sqrt{\frac{h}{W}} - 0.1557 \frac{h}{W}$$

d.3 Kopling Mixed^[4]

Kopling *mixed* adalah kopling hasil superposisi kopling elektrik dan magnetik. Keadaan superposisi ini mengakibatkan 2 kejadian yang berkebalikan, yaitu menambah atau saling menghilangkan, karena kopling elektrik dan kopling magnetik mempunyai tanda yang berlawanan walaupun kedua kopling ini mempunyai kuat yang sama kuat.

$$k = k' + k'' \quad (2.8)$$

$$k' = 0.5 k$$

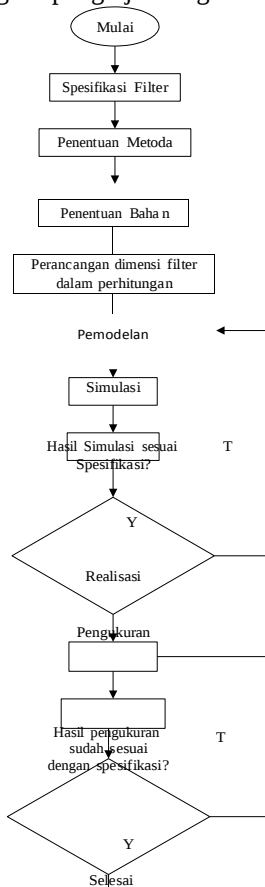
$$k'' = 0.6 k$$

e. Squared Ring Resonator^[4]

Mikrostrip *ring resonator* banyak digunakan karena bentuknya yang kecil dan mudah dalam pencetakannya. Mikrostrip *ring resonator* ditentukan dengan bahan dielektrik yaitu substrat yang mengukur konstanta dielektrik efektif. Permittivitas relatif dari substrat dibuat sama dengan frekuensi yang bergantung pada efektif permittivitas relatif (ϵ_{eff}) tetapi tetap mempertahankan lebar dan mikrostrip (W).

2.2 Metodologi Perancangan

Perealisasi sebuah filter dapat dilakukan dahulu melalui tahap perancangan dan simulasi dengan mendapatkan spesifikasi yang diinginkan sehingga pada tahap perealisasi mendapatkan hasil yang mendekati dengan hasil simulasi. Berikut langkah-langkah pengerjaan tugas akhir ini



Gambar 2.4 Flowchart Sistem

2.2.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi yang dirancang dalam perancangan sebuah *bandpass* filter pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi kerja : 1.265 GHz – 1.275 GHz
2. Frekuensi tengah : 1.27 GHz
3. Bandwidth : 10 MHz
4. Z terminal : 50 Ω
5. Insertion pada *passband* : ≤ 3 dB
6. Return loss pada *passband*: ≥ 10 dB
7. VSWR : ≤ 2
8. Respon frekuensi : Chebyshev

Bahan dielektrik yang digunakan pada perancangan filter ini adalah duroid RT-5880, dengan karakteristik substrat sebagai berikut:

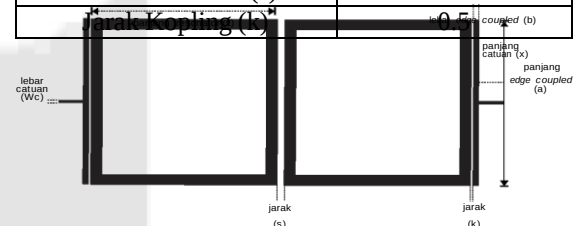
1. Permittivitas dielektrik (ϵ_r) : 2.2
2. Tebal dielektrik (d) : 1.575 mm
3. Tebal konduktor (t) : 0.035 mm
4. Tangent Loss ($\tan \delta$) : 0.0009

2.2.2 Tahap Perancangan

Proses perancangan filter dengan menggunakan metoda *high selectivity filters with open loop squared ring resonator* menggunakan orde 2. Selanjutnya mencari lebar saluran mikrostrip dengan impedansi saluran perangkat sebesar 80 Ω dan impedans konektor sebesar 50 Ω . Dimensi saluran yang dihasilkan dapat dihitung melalui persamaan saluran mikrostrip yang terdapat pada persamaan (2.1)-(2.8) berikut.

Tabel 2.1 Ukuran Filter

Parameter	Ukuran (mm)
Panjang Resonator (L)	36.89
Lebar Resonator (Wr)	4.34679
Panjang Edge Coupled (a)	36.89
Lebar Edge Coupled (b)	1.03495
Panjang Catuan (x)	4.811
Lebar Catuan (Wc)	0.517475
Jarak Resonator (s)	1.45
Jarak Kopling (k)	0.517475



Gambar 2.4 Layout Filter

3. Pembahasan

3.1 Pengukuran

3.1.1 Hasil Pengukuran

Pengukuran *Return Loss* (S11) menunjukkan besarnya sinyal yang dipantulkan kembali ke sumber. Semakin kecil nilai *Return Loss* maka semakin kecil pula daya yang dipantulkan kembali menuju sumber, sehingga terjadi transfer daya maksimum. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Hasil Pengukuran *Return Loss*

Pada gambar diatas dapat dilihat hasil pengukuran berada pada frekuensi tengah 1.272 GHz dengan nilai *return loss* sebesar -17.448 dB yang ditandai pada marker 3. Marker 2 berada pada frekuensi 1.261 GHz dengan nilai *return loss* sebesar -10.097 dB. Marker 4 berada pada frekuensi 1.283 GHz dengan nilai *return loss* sebesar -10.122 dB.

Untuk pengukuran *Insertion Loss* (S21) menunjukkan karakteristik sinyal yang ditransmisikan dari *port input* ke *port output*. Nilai *Insertion Loss* yang baik dan ideal berada pada 0 dB. Pada pengukuran ini terdapat banyak rugi-rugi dalam *filter* sehingga sulit mencapai keadaan ideal. Hasil pengukuran *Insertion Loss* dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Hasil Pengukuran *Insertion Loss*

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai *Insertion Loss* pada marker 3 atau berada pada frekuensi tengah 1.272 GHz adalah sebesar -2.994 dB. Pada frekuensi tengah 1.272 GHz daya yang masuk ke filter sebesar ½ kali dari yang dikirim.

Pada frekuensi *cut off* bawah yaitu pada frekuensi 1.261 GHz yang ditandai oleh marker 2 nilai *Insertion Loss* sebesar -3.511 dB sedangkan frekuensi *cut off* atas yaitu pada frekuensi 1.283 GHz yang ditandai oleh marker 4 nilai *Insertion Loss* sebesar -3.374 dB.

Pengukuran VSWR menunjukkan besar dari gelombang datang yang ditransmisikan dibandingkan dengan gelombang pantul yang dipantulkan kembali ke sumber. Hasil dari pengukuran VSWR dapat dilihat pada gambar 3.3.

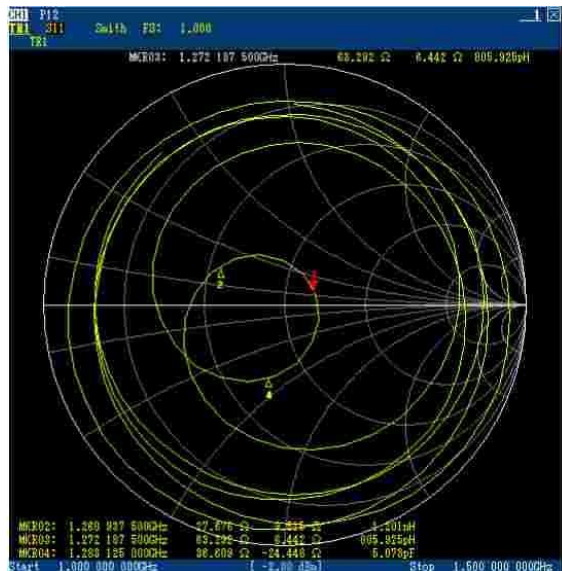


Gambar 3.3 Hasil Pengukuran VSWR

Pada gambar diatas nilai VSWR *filter* pada frekuensi tengah 1.272 GHz yang ditandai oleh marker 3 adalah sebesar 1.31. Nilai dari VSWR ini masih berada dalam spesifikasi yang ditetapkan. Frekuensi *cut off* bawah yang berada pada frekuensi

1.261 GHz adalah sebesar 1.917 yang ditandai oleh marker 2 dan marker 3 menunjukkan frekuensi *cut off* atas yang berada pada frekuensi 1.283 GHz sebesar 1.912.

Pengukuran impedansi menunjukkan besar impedansi *filter* dibandingkan dengan impedansi catuan *input* dan *output*. Impedansi menyatakan *matching* perangkat yang dirancang. Hasil pengukuran impedansi dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hasil Pengukuran Impedansi

Pada gambar diatas menunjukkan nilai impedansi dari *filter*. Marker 3 menunjukkan frekuensi tengah 1.272 GHz sebesar $63.232 + j 6.442 \Omega$. Marker 2 menunjukkan frekuensi *cut off* bawah 1.261 GHz sebesar $27.676 + j 9.515 \Omega$ dan marker 4 menunjukkan frekuensi *cut off* atas 1.283 GHz sebesar $36.609 - j 24.448 \Omega$.

3.2 Analisa Kerja Sistem

Analisa kerja sistem terakhir menunjukkan bahwa proses perancangan *filter* dengan hasil simulasi perancangan dan membandingkan hasil pengukuran spesifikasi awal yang ditetapkan. Berikut perbandingan spesifikasi awal, tahap simulasi dan hasil pengukuran *filter* yang terdapat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Perbandingan spesifikasi, simulasi dan hasil pengukuran

Parameter	Daerah Passband		
	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi Tengah	1.27 GHz	1.27 GHz	1.272 GHz
Rentang Frekuensi	1.265 – 1.275 GHz	1.265 – 1.275 GHz	1.261 – 1.283 GHz
Bandwidth	10 MHz	10 MHz	22 MHz
Return Loss	≥ -10 dB	-25.7601 dB	-17.448 dB

Insertion Loss	≤ -3 dB	-0.34 dB	-2.994 dB
----------------	--------------	----------	-----------

Dari tabel diatas menunjukkan hasil perbandingan dari spesifikasi awal, simulasi dan hasil pengukuran. Pada hasil simulasi menunjukkan nilai yang sesuai terhadap spesifikasi awal sedangkan pada hasil pengukuran terdapat beberapa perbedaan dari spesifikasi awal. Perbedaan tersebut terdapat pada nilai dari frekuensi tengah *filter* yang bergeser pada *band* frekuensi 1.272 GHz yaitu bergeser sejauh 2 MHz dari spesifikasi yang ditetapkan. *Bandwidth filter* pada hasil pengukuran memiliki rentang yang lebih besar dibandingkan dengan spesifikasi awal yang ditetapkan yaitu sebesar 10 MHz sedangkan pada hasil pengukuran rentang frekuensi sebesar 22 MHz. Dan nilai *insertion loss* pengukuran nilainya mengalami penurunan dibandingkan dengan spesifikasi awal yaitu bekerja pada -2.994 dB yang seharusnya berada pada nilai ideal yaitu 0 dB.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Respon frekuensi yang diperoleh dari hasil realisasi dan pengukuran diperoleh nilai dari frekuensi *cut off* bawah berada pada frekuensi 1.261 GHz, frekuensi tengah berada pada frekuensi 1.272 GHz dan frekuensi *cut off* atas berada pada frekuensi 1.283 GHz.

Nilai *insertion loss* pada frekuensi tengah 1.272 adalah -2.994 dB. Nilai ini masih dalam rentang spesifikasi awal tetapi masih kurang pada saat ideal 0 dB. *Bandwidth filter* yang berada pada saat -3 dB mengalami pelebaran rentang frekuensi sebesar 22 MHz yaitu berada pada frekuensi 1.261 – 1.283 GHz. Nilai ini masih diluar dari spesifikasi awal yang ditetapkan yaitu sebesar 10 MHz. Pelebaran *bandwidth filter* menyebabkan kinerja *filter* menjadi kurang selektif.

Nilai *return loss* pada frekuensi tengah 1.272 adalah -17.448 dB. Nilai ini mencapai pada hasil spesifikasi awal yang ditetapkan yaitu ≥ -10 dB. Nilai *return loss* pada frekuensi *cut off* bawah 1.261 GHz adalah -10.097 dB dan pada frekuensi *cut off* atas 1.283 GHz adalah -10.122 dB.

VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) yang diperoleh pada saat pengukuran adalah 1.31 pada frekuensi tengah 1.272 GHz, nilai vswr pada frekuensi *cut off* bawah 1.261 GHz adalah 1.917 dan nilai vswr pada frekuensi *cut off* atas 1.283 GHz adalah 1.912. Nilai vswr tersebut memenuhi spesifikasi awal yang ditetapkan yaitu ≤ 2 .

Nilai impedansi yang diperoleh pada saat pengukuran yaitu $63.232 + j 6.442 \Omega$ pada frekuensi tengah 1.272 GHz, nilai impedansi pada frekuensi *cut off* bawah adalah $27.676 + j 9.515 \Omega$ dan nilai impedansi pada frekuensi *cut off* atas adalah $36.609 - j 24.448 \Omega$. Hasil ini belum bagus karena tidak sesuai dengan spesifikasi awal yang direncanakan yaitu sebesar 50 Ω . Karena ketidaksesuaian

impedansi menyebabkan pergeseran frekuensi dan *bandwidth* yang melebar.

4.2 Saran

Agar mendapatkan hasil respon frekuensi *filter* yang lebih baik pada penelitian berikutnya, terdapat beberapa hal yang bias dijadikan saran dan sebagai bahan pertimbangan, antara lain:

1. Proses perancangan filter dapat dilakukan dengan menerapkan suatu metode lain, yaitu dengan *Stepped Impedance Resonator* (SIR) digabungkan dengan *ing squared* resonator. Dengan penggabungan metode ini menghasilkan respon yang sangat selektif.
2. Tingkat ketelitian dimensi pada proses perancangan harus disesuaikan dengan tingkat ketelitian pada proses *etching* jalur saluran mikrostrip agar tidak terjadi perubahan dari respon frekuensi dari *filter*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowick, Chris. *RF Circuit Design*, second edition, Newnes, 2007.
- [2] Chneg-Cheh Yu. "Novel Compact Elliptic-Function Narrow-Band Bandpass Filters Using Microstrip Open-Loop Resonators With Coupled and Crossing Lines". IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 46, NO. 7, JULY 1998.
- [3] Jia-Sheng Hong and Michael J. Lancaster. "Couplings of Microstrip Square Open-Loop Resonators for Cross-Coupled Planar Microwaves Filter". IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL. 44, NO. 12. 1996.
- [4] Jia-Sheng Hong and Michael J. Lancaster. "Microstrip Filters for RF/Microwave Applications". A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. 2001.
- [5] Fitrianto, Rifan. "Design and Implementation of Bandpass Filter for Synthetic Aperture Radar with Frequency 1.27 GHz Telkom University". Thesis Telkom University. 2014.
- [6] Y K Chan, Y K Koo. "An Introduction to Synthetic Aperture Radar (SAR)". PIERB. 2008.