

## Perancangan Filter Mikrostrip Trisection Asimetris Triangular

Wiko Arofiyanto

Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47  
wiko\_arofianto@yahoo.com

### Abstrak

Dengan semakin rapatnya penggunaan frekuensi terutama pada pita frekuensi komersial 450-3000 MHz maka penggunaan filter sebagai pemisah antara sinyal yang dikehendaki dengan sinyal yang tidak di inginkan semakin penting pada aplikasi gelombang radio. Semakin rapatnya penggunaan frekuensi memiliki kecenderungan interferensi dari pita frekuensi atas dan bawah dari passband tidak sama. Pada penelitian ini dilakukan desain filter dengan respons frekuensi asimetris untuk mendapatkan insertion loss yang kecil dan selektifitas filter yang baik. Filter asimetris di rancang menggunakan metode trisection dengan menggunakan beberapa modifikasi dari bentuk dasar triangular. Bahan mikrostrip menjadi pilihan yang karena bahannya mudah didesain dan berukuran relatif kecil sehingga mudah untuk di integrasikan dengan perangkat lainnya. Bahan mikrostrip yang digunakan pada penelitian ini adalah roger (RT/Duroid 5880) dengan ketebalan bahan 1.58 mm dan konstanta dielektrik sebesar  $2.2 \pm 0.02$ . Simulasi pada desain filter menggunakan software SONNET 15.52 dan pengukuran alat menggunakan Vector Network Analyzer. Filter dirancang untuk bekerja pada frekuensi 900 MHz dengan respon frekuensi asimetris, insertion loss kurang dari -2dB, dengan bandwidth 25 MHz dan redaman -20 dB pada frekuensi  $f_m \pm 0.3$  GHz.

**Kata kunci:** filter, mikrostrip, bandpass, trisection, asimetris, triangular

### Abstract

With the increasingly dense use of frequencies, especially in the commercial frequency band of 450-3000 MHz, the use of filters as a separator between the desired signal and the unwanted signal is increasingly important in radio wave applications. The more tightly the frequency usage has the tendency of interference from the upper and lower frequency bands of the passband is not the same. In this study, a filter design with an asymmetric frequency response was carried out to obtain a small insertion loss and good filter selectivity. The asymmetric filter is designed using the trisection method by using some modifications of the basic triangular shape. Microstrip material is the choice because the material is easy to design and relatively small in size so that it is easy to integrate with other devices. The microstrip material used in this study was Roger (RT/Duroid 5880) with a material thickness of 1.58 mm and a dielectric constant of  $2.2 \pm 0.02$ . The simulation on the filter design uses SONNET 15.52 software and the measurement tool uses a Vector Network Analyzer. The filter is designed to work at a frequency of 900 MHz with an asymmetric frequency response, insertion loss of less than -2dB, with a bandwidth of 25 MHz and attenuation of -20 dB at  $f_m \pm 0.3$  GHz.

**Keywords:** filter, microstrip, bandpass, trisection, asymmetric, triangular

## 1 PENDAHULUAN

Filter pada sistem komunikasi gelombang radio berfungsi untuk memisahkan sinyal yang dikehendaki dari sinyal yang dipancarkan dan untuk mengurangi pengaruh interferensi dari sinyal yang tidak di inginkan [1].

Pada perancangan filter ada 2 hal yang dijadikan pertimbangan yakni *selectivity* serta *insertion loss*. Filter dengan *selectivity* yang tinggi akan dapat mengurangi frekuensi penjaga (*guard band*) sehingga penggunaan frekuensi semakin efisien, sedangkan filter dengan *insertion loss* rendah dapat meningkatkan sensitifitas dari perangkat

komunikasi. Pada perancangan filter *selectivity* dan *insertion loss* akan saling bertolak belakang karena filter dengan selektifitas tinggi biasanya dirancang dengan menggunakan resonator dalam jumlah yang banyak, sedangkan jumlah resonator yang banyak akan meningkatkan *insertion loss* yang berarti mengurangi sensitifitas perangkat [2].

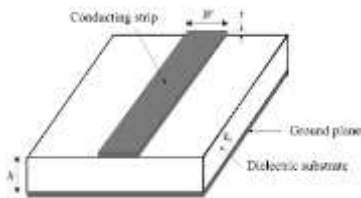
Filter dengan respon frekuensi simetris biasanya dirancang menggunakan jumlah resonator yang lebih banyak dibandingkan frekuensi asimetris, pada penelitian sebelumnya filter simetris dirancang menggunakan filter *quadruple* sedangkan filter asimetris dirancang menggunakan filter *trisection*,

karena jumlah resonator yang lebih sedikit maka insertion loss dari filter trisection lebih kecil dari filter quadruple yang berarti sensitifitas perangkat akan lebih baik [2].

Pada kondisi tertentu interferensi power dari frekuensi bawah bandpass tidak sama dengan frekuensi atas (asimetris) maka muncul kebutuhan filter akan filter yang memiliki redaman asimetris.

Pada penelitian ini dipilih frekuensi 900 MHz. Pada rentang frekuensi ini terdapat teknologi yang memiliki frekuensi berdekatan, yakni perangkat CDMA di frekuensi 800 MHz dan GSM di 900 Mhz, untuk menghindari interferensi maka diperlukan filter yang dapat memotong frekuensi CDMA tersebut.

Struktur mikrostrip secara umum adalah bahan berbentuk lembaran seperti pada Gambar 1 dengan lebar W dan ketebalan t yang terletak diatas dielektrik substrat dengan konstanta dielektrik  $\epsilon_r$  dan ketebalan dielektrik substrat h.



Gambar 1. Bahan mikrostrip filter

J.S Hong menjelaskan beberapa parameter penting dalam desain bahan mikrostrip [4] diantaranya adalah :

- $\epsilon_r$  = konstanta dielektrik
- h = ketebalan bahan mikrostrip
- Z = impedansi input dan output

Perhitungan ukuran resonator dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan panjang gelombang dari bahan mikrostrip yang dinotasikan dengan  $\lambda_g$ . Sebelum menghitung nilai  $\lambda_g$  maka dihitung terlebih dahulu nilai  $\epsilon_{re}$ .

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \text{ mm} \quad (2.1)$$

Perhitungan lebar resonator yang dinotasikan dengan nilai w, didapatkan dari sintesis nilai W/h.

1. Jika nilai  $W/h \leq 2$  maka perhitungan nilai W/h dan A dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{w}{h} = \frac{8 \exp(A)}{\exp(2A) - 2} \quad (2.2)$$

dengan nilai A sebagai berikut :

$$A = \frac{Z_c \left\{ \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right\}^{0.5} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left\{ 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right\}}{\quad} \quad (2.3)$$

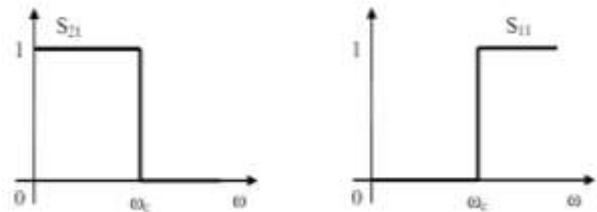
2. Jika nilai  $W/h \geq 2$  maka perhitungan nilai W/h dan A dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ (B - 1) - \ln(2B + 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.4)$$

Filter memiliki parameter utama yang menjadi acuan dalam melihat karakter dan performansi dari filter tersebut, parameter utama filter tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1.  $S_{11}$  return loss

Daya yang dikembalikan ke input disebut juga faktor refleksi. faktor refleksi dari filter disebut juga  $S_{11}$ .



Gambar 2. Respon frekuensi  $S_{21}$  dan  $S_{11}$  pada low pass filter

2.  $S_{21}$  insertion loss

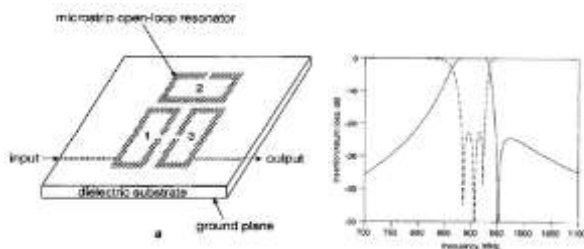
Daya yang sampai pada saluran output dinotasikan dengan parameter  $S_{21}$ .

3. Frekuensi cut off
4. Frekuensi tengah (FC/FM)
5. Lebar pita (Bandwidth)

Trisection filter adalah filter yang terbentuk dari 3 bagian. J.S Hong dan M.J Lancaster pada jurnalnya [3] “Microstrip cross-coupled trisection bandpass filters with asymmetric frequency characteristics” mengatakan bahwa filter trisection memiliki karakteristik redaman yang berbeda pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. J.S Hong dan M.J Lancaster juga mengatakan bahwa filter dengan frekuensi simetris dihasilkan dengan jumlah resonator yang lebih banyak dan sehingga nilai insertion loss lebih besar dibandingkan filter asimetris. J.S Hong dan M.J Lancaster melakukan penelitian filter trisection dengan bentuk seperti berikut:

- a. Filter dengan selektifitas yang lebih tinggi pada sisi atas dari bandpass.

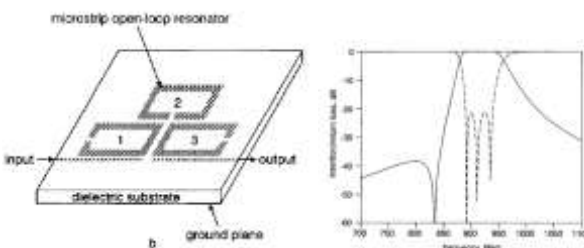
Pada filter ini input dan output terganggu pada tapped line, resonator 1 dan 3 terbuka pada sisi yang saling berhadapan, serta resonator 2 terbuka pada sisi atas.



Gambar 3 Desain filter dengan selektifitas yang lebih tinggi pada pass band

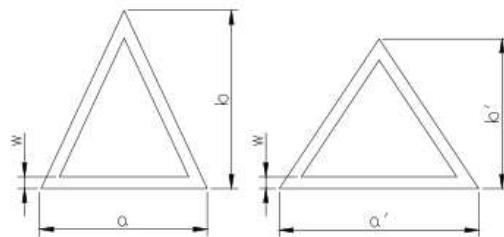
Hasil dari kopling silang antar resonator menghasilkan attenuation pole pada frekuensi yang tinggi pada sisi pass band.

- b. Filter dengan selektifitas yang lebih tinggi pada sisi bawah dari bandpass. Pada filter ini input berupa saluran line terganggu dengan resonator 1 dan 3.



Gambar 4. Desain filter dengan selektifitas yang lebih tinggi pada low band

J.S Hong dan M.J Lancaster melakukan penelitian mengenai bentuk triangular dengan bentuk solid bukan berbentuk loop dengan bentuk solid tanpa rongga ditengah [4]. Renbin Wu dan Smain Amari juga melakukan penelitian [5] mengenai bentuk segitiga (triangular filter) dengan karakteristik dual band. Bentuk triangular yang dibuat Renbin Wu seperti pada Gambar 5 sedikit berbeda dengan bentuk Hong, dimana Renbin Wu mencoba bentuk triangular dengan rongga ditengah.



Gambar 5. Filter berbentuk segitiga (triangular filter)

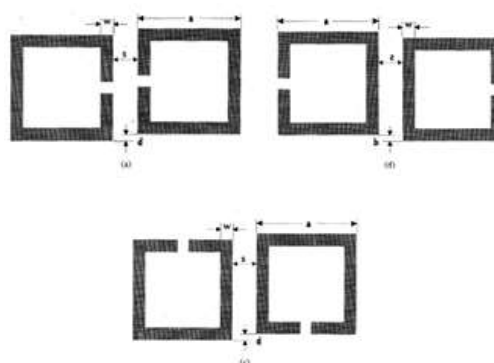
Pada penelitian ini Renbin Wu dan Smain Amari menjelaskan triangular filter memiliki beberapa kelebihan diantaranya :

1. Frekuensi resonansi mudah untuk disesuaikan dengan mengubah tinggi segitiga resonator.
2. Kemudahan dalam pengaturan kopling pada kedua sisinya.

Jika 2 buah filter berdekatan maka akan muncul efek penggangguan. J.S Hong dan M.J Lancaster [4] menjelaskan mengenai beberapa jenis kopling dalam beberapa bentuk bentuk filter open loop resonator. Kopling yang dapat terjadi antar 2 buah resonator yang berdekatan dapat dikategorikan menjadi 3 yaitu:

1. Kopling elektrik
2. Kopling magnetik
3. Kopling campuran

Ketiga kopling tersebut dapat dihasilkan oleh 3 dasar bentuk open loop resonator seperti pada Gambar 6 J.S Hong dan M.J menyimpulkan bahwa kopling elektrik dapat diperoleh dari gambar (a), kopling magnetik pada gambar (b) dan kopling campuran pada gambar (c).



Gambar 6. Variasi bentuk dari open loop resonator

Penambahan split ring akan menimbulkan kopling tambahan, efek ini juga menghasilkan filter dengan dual mode band filter seperti yang dilakukan pada penelitian J.W Fan, C. H Liang dan X. Dai [6].



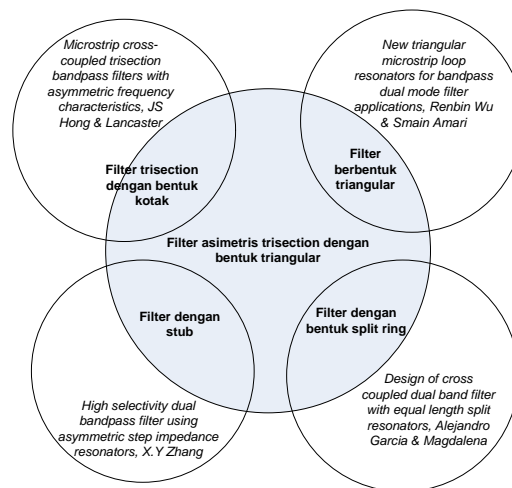
Gambar 7. Split ring resonator

## 2 METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan bandpass filter dengan frekuensi tengah 900 MHz dengan bentuk trisection. Filter trisection ini diharapkan dapat digunakan untuk aplikasi komunikasi bergerak seperti GSM dan UMTS yang bekerja pada frekuensi 900 MHz, memiliki bandwidth 25 MHz dan *insertion loss* kurang dari -2 dB, serta redaman sebesar -20 dB pada fm (frekuensi tengah)  $\pm$  300 MHz. Penelitian sebelumnya merupakan sumber ide dari penulis untuk melakukan penelitian ini, perbandingan jurnal dan irisan dengan penelitian penulis dapat digambarkan pada table dan Gambar 8. Beberapa literatur yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini yaitu :

Tabel 1. Referensi jurnal penelitian sebelumnya [2], [5], [7]–[9].

No	Judul Penelitian	Peneliti	Jenis Filter	Frekuensi kerja
1	Microstrip cross-couple trisection filter with asymmetrical frequency characteristic	J.S.Hong dan M.J.Lancaster	Trisection filter dengan bentuk open loop square simetris	900 Mz
2	New Triangular Microstrip Loop Resonators for Bandpass Dual-Mode Filter Applications	Renbin Wu dan Smain Amari	Tiangular dengan bentuk loop tertutup	2,6 GHz
3	Microstrip parallel-coupled filters with cascade trisection and quadruplet response	Jhe Ching Lu, Ching Ku Liao, dan Chi Yang Chang	Paralel strip line	2.4 GHz
4	Dual band with split ring resonators	Alejandro Garcia Lamperez dan Magdalena Salazar Palma	Split ring resonator	2.2/3.1 GHz
5	High Selectivity dual band pass filter using asymmetric step impedance resonators	X.Y Zhang, J.X Chen, J. Shi, dan Q. Xue	Stub atau Shunt line	0.8/2.4 GHz



Gambar 8. Irisan dengan penelitian sebelumnya

Pada jurnal Hong [2] peneliti menggunakan dasar metode trisection yang digunakan untuk mendapatkan respon fasa asimetris. Bentuk triangular ditambahkan berdasarkan penelitian Renbin Wu [5]. Perbandingan transmission zeros pada bentuk triangular menggunakan referensi penelitian Cing Lu [10]. Teknik tambahan berupa split ring dari penelitian Alejandro Garcia [8].

Metode yang digunakan untuk perancangan filter ini meliputi :

### 1. Studi literatur

Kajian pustaka terhadap penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian tentang filter trisection.

### 2. Perancangan filter.

Perancangan filter dilakukan menggunakan perhitungan berdasarkan teori yang sudah digunakan pada penelitian sebelumnya.

### 3. Simulasi.

Setelah dilakukan perhitungan dengan hasil yang telah mencapai dengan target perancangan awal maka dilakukan simulasi dan perbandingan terhadap hasil rancangan awal.

### 4. Realisasi.

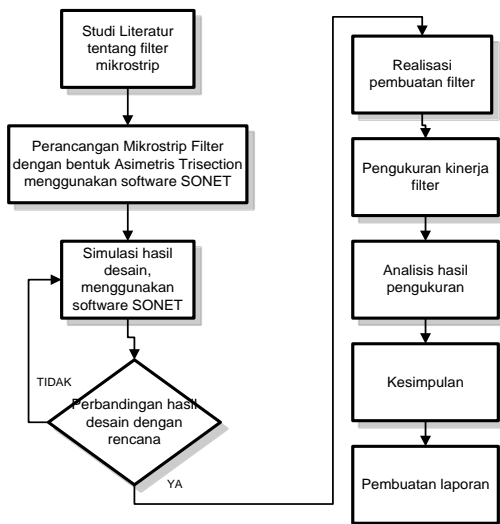
Hasil simulasi yang diperoleh lalu dibuat atau difabrikasi sama dengan desain yang dilakukan pada saat simulasi.

### 5. Pengukuran.

Filter yang telah dibuat dilakukan pengujian dan pengukuran untuk mengetahui hasil akhir dari perancangan filter.

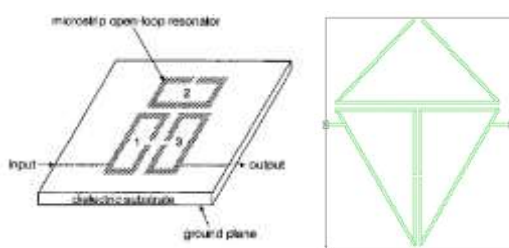
### 6. Analisa Pengukuran.

Hasil pengukuran dianalisa dibandingkan dengan perhitungan dan simulasi serta dibandingkan dengan teori atau penelitian sebelumnya.



Gambar 9. Diagram alur penelitian filter

Filter trisection telah diteliti sebelumnya oleh J.S Hong dan M.J Lancaster pada jurnalnya. Filter *triangular* atau segitiga sebelumnya telah diteliti oleh Renbin Wu dan Smain Amari [5] dimana pada penelitian ini diteliti resonator berbentuk segitiga tetapi berbentuk tertutup atau (closed loop). Pada penelitian ini Renbin Wu dan Smain Amari mendesain dual band filter menggunakan resonator berbentuk segitiga. Beberapa modifikasi juga ditambahkan untuk mencoba mendapatkan hasil terbaik seperti kombinasi antara bentuk resonator segitiga dengan segi empat, split ring dengan penambahan 1 layer resonator dengan bentuk yang sama didalam resonator utama, penambahan stub pada resonator puncak.



Gambar 10. (a) Trisection open loop square & (b) Trisection open loop triangular

Perancangan filter ini menggunakan alat bantu berupa:

1. Bahan PCB dengan tipe ROGERS 5880.
2. Ketebalan bahan 1.58 mm dan permitivitas dielektir  $\epsilon_r = 2.2$ .
3. Desain dan simulasi menggunakan software SONNET.

4. Perhitungan dan grafik menggunakan software MATLAB.

5. Alat ukur pengujian menggunakan Vector Networ Analyzer tipe Rode & Schwarz ZVL 13.

Sebelum dilakukan simulasi filter dirancang terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan berdasarkan penelitian sebelumnya [3], dengan parameter awal yang didapatkan sebagai berikut:

$$f_m = 900 \text{ MHz, (} f_m = \text{frekuensi tengah)}$$

$$\epsilon_r = 2.2, (\epsilon_r = \text{konstanta dielektrik})$$

$$h = 1.58 \text{ mm, (} h = \text{ketebalan bahan PCB)}$$

$$Z = 50 \text{ ohm, (} Z = \text{impedansi input dan output)}$$

Tahapan pertama dalam perhitungan filter ini adalah menghitung lebar resonator menggunakan persamaan berikut:

$$(1) \quad A = \frac{Z_c}{60} \left\{ \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right\}^{0.5} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left\{ 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right\}$$

$$A = \frac{50}{60} \left\{ \frac{2.2 + 1}{2} \right\}^{0.5} + \frac{2.2 - 1}{2.2 + 1} \left\{ 0.23 + \frac{0.11}{2.2} \right\}$$

$$A = 1.159$$

$$(2) \quad \frac{w}{h} = \frac{8 \exp(A)}{\exp(2A) - 2}$$

$$\frac{w}{h} = \frac{8 \exp(1.159)}{\exp(2 \cdot 1.159) - 2}$$

$$w/h = 3.125$$

$$w = 4.938 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan  $w/h$  maka didapatkan lebar resonator 4.938 mm.

Ukuran resonator dari filter dapat didesain sebanding dengan panjang gelombang. Ukuran resonator didapatkan  $\frac{1}{2} \lambda_g$  dimana dapat diperoleh dari nilai permitifitas efektif  $\epsilon_{re}$ . Nilai  $\epsilon_{re}$  diperoleh dengan mengetahui konstanta  $u$ ,  $a$  dan  $b$ . Parameter  $u$ ,  $a$  dan  $b$  dapat dihitung menggunakan parameter berikut :

$$(1) \quad \lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \text{ mm}$$

$$(2) \quad \epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + \frac{10}{u} \right)^{-ab}$$

$$(3) \quad u = W/h$$

$$(4) \quad a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left( \frac{u^4 + \left(\frac{u}{52}\right)^2}{u^4 + 0.432} \right) + \frac{1}{18.7} \ln \left\{ 1 + \left( \frac{u}{18.1} \right)^3 \right\}$$

$$(5) \quad b = 0.564 \left( \frac{\epsilon_r - 0.9}{\epsilon_r + 3} \right)^{0.053}$$

Dari persamaan diatas maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$(1) \quad U = W/h = 3.125$$

$$(2) \quad a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left( \frac{u^4 + \left(\frac{u}{52}\right)^2}{u^4 + 0.432} \right) + \frac{1}{18.7} \ln \left\{ 1 + \left(\frac{u}{18.1}\right)^3 \right\}$$

$$a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left( \frac{3.125^4 + \left(\frac{3.125}{52}\right)^2}{3.125^4 + 0.432} \right) + \frac{1}{18.7} \ln \left\{ 1 + \left(\frac{3.125}{18.1}\right)^3 \right\}$$

$$a = 1.000$$

$$(3) \quad b = 0.564 \left( \frac{\epsilon r - 0.9}{\epsilon r + 3} \right)^{0.053}$$

$$b = 0.564 \left( \frac{2.2 - 0.9}{2.2 + 3} \right)^{0.053}$$

$$b = 0.671$$

$$(4) \quad \epsilon r e = \frac{\epsilon r + 1}{2} + \frac{\epsilon r - 1}{2} \left( 1 + \frac{10}{u} \right)^{-ab}$$

$$\epsilon r e = \frac{2.2 + 1}{2} + \frac{2.2 - 1}{2} \left( 1 + \frac{10}{3.125} \right)^{-1.000 \cdot 0.671}$$

$$\epsilon r e = 1.829$$

$$(5) \quad \lambda g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon r e}} \text{ mm}$$

$$\lambda g = \frac{33.33}{\sqrt{2.474}} \text{ mm}$$

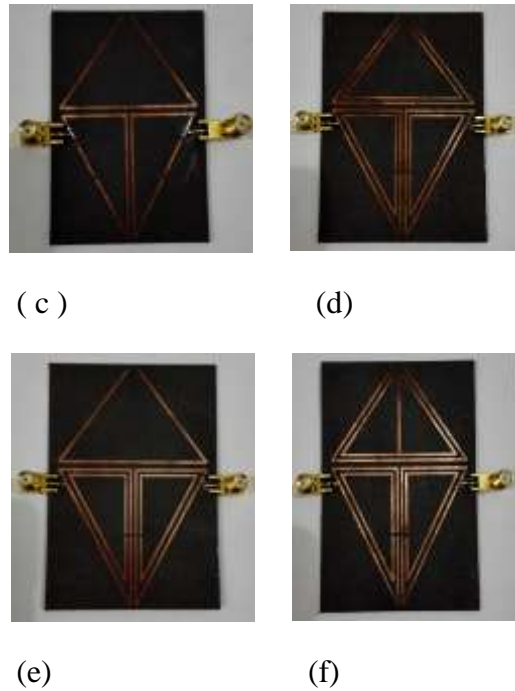
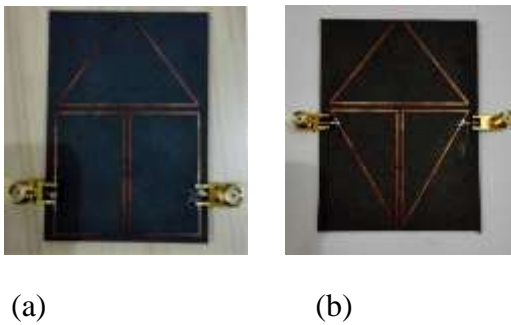
$$\lambda g = 246.47 \text{ mm}$$

Panjang resonator sebanding dengan  $1/2 \lambda g$   
 $1/2 \lambda g = 123.23 \text{ mm}$ ,

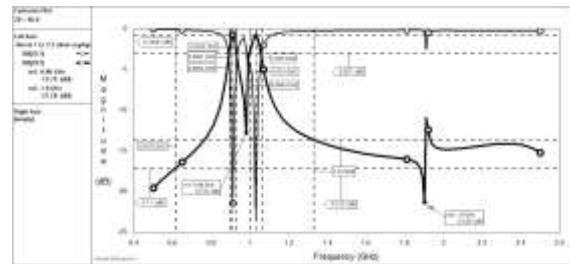
Maka ukuran resonator berdasarkan hasil perhitungan adalah 123.23 mm.

### 3 Simulasi dan Hasil Pengukuran

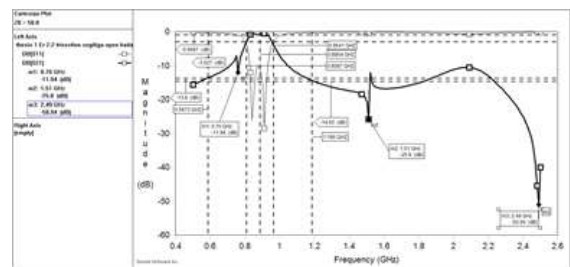
Bentuk filter yang diujikan pada penelitian ini ada 6 buah bentuk filter trisection triangular, dimana filter tersebut merupakan hasil terbaik dari simulasi atau memiliki catatan penting atas penelitian yang sudah dilakukan.



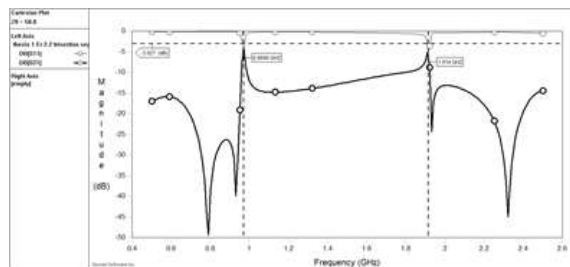
Gambar 11. 6 buah tipe trisection filter yang diteliti



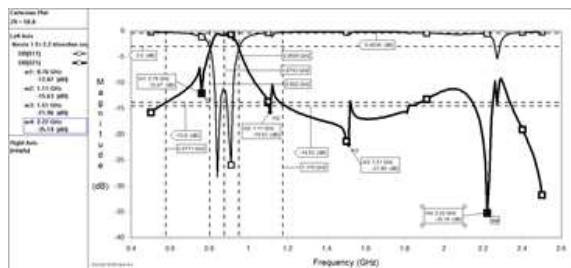
Gambar 12. Simulasi Filter dan respon frekuensi S11 dan S21 filter tipe 1.



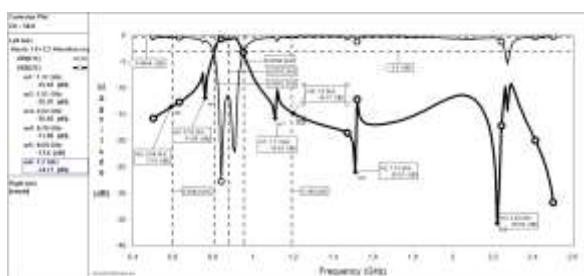
Gambar 13. Simulasi dan respon frekuensi S11 dan S21 Filter tipe 2



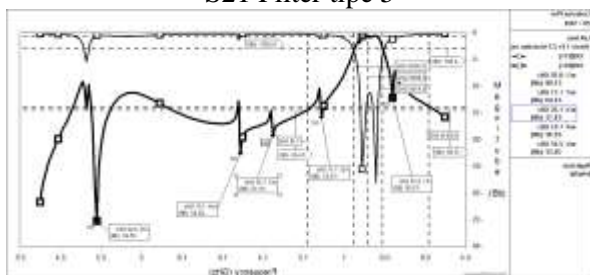
Gambar 14. Simulasi dan respon frekuensi S11 dan S21 Filter tipe 3



Gambar 15. Simulasi dan respon frekuensi S11 dan S21 Filter tipe 4



Gambar 16. Simulasi dan respon frekuensi S11 dan S21 Filter tipe 5



Gambar 17. Simulasi dan respon frekuensi S11 dan S21 Filter tipe 6.

No	Bentuk	Frekuensi tengah	Insertion Loss	Bandwidth	Jumlah transmission zeros	Frekuensi Transmission Zeros
1	Trisection kombinasi kotak dan segitiga	906 & 1031 MHz	0.75 dB	69.9 MHz & 63.7 MHz	2	0.98 GHz & 1.9 GHz
2	Trisection segitiga dengan sisi terbuka berhadapan didalam	886 MHz	0.96dB	155.4 MHz	3	0.76 GHz, 1.51 GHz, dan 2.49 GHz
3	Trisection segitiga dengan sisi terbuka berlawanan diluar	970 MHz & 1910 MHz	4.03 dB	-	4	0.79 GHz, 0.93 GHz, 1.93 GHz, & 2.32 GHz
4	Trisection segitiga split layer disemua resonator	876 MHz	0.40 dB	148.5 MHz	4	0.76 GHz, 1.11 GHz, 1.51 GHz & 2.22 GHz
5	Trisection segitiga split layer resonator bawah	880 MHz	0.48 dB	148.5 MHz	5	0.76 GHz, 1.11 GHz, 1.51 GHz & 2.22 GHz
6	Trisection segitiga split layer dengan penambahan stub di resonator puncak	880 MHz	0.56 dB	140 MHz	5	0.76 GHz, 1.11 GHz, 1.35 GHz, 1.51 GHz & 2.22 GHz

Filter trisection 1 kombinasi antara bentuk kotak pada sisi bawah filter dan sisi atas filter berbentuk segitiga, tujuan perancangan filter ini untuk melihat hasil modifikasi bentuk trisection dari bentuk kotak yang telah diteliti oleh J.S Hong dan M.J Lancaster jika dimodifikasi sisi atas dengan bentuk segitiga. Hasil simulasi dari filter tipe 1 menghasilkan 2 buah bandpass filter multiband Insertion loss sebesar -0.7568 dB serta 1 buah transmission zeros. Muncul efek multiband yang diduga karena perubahan bentuk resonator puncak menjadi segitiga. Filter trisection 2 dengan ketiga resonator berbentuk segitiga, menghasilkan bentuk 1 buah bandpass filter. Insertion loss sebesar -0.9687 dB serta 3 buah transmission zeros. Efek multiband yang muncul pada filter tipe 1 dihilangkan dengan mengubah bentuk resonator bawah menjadi segitiga. Pada filter tipe 2, terdapat 3 transmission zeros. Filter trisection 3, berbentuk triangular dan sisi terbuka saling membelakangi. Filter ini diuji untuk melihat efek sisi terbuka pada filter triangular terhadap respons frekuensi. Filter tipe 3 menghasilkan bentuk filter yang tidak ideal. Filter tipe 3 menunjukkan letak sisi terbuka mempengaruhi respons frekuensi pada filter terdangeng.

Filter trisection 4, dengan bentuk 2 layer di semua segitiga. Filter ini mirip dengan filter tipe 2, dengan ditambahkan split resonator dengan bentuk yang sama didalam resonator pertama yang menjadi ide adalah penelitian Alejandro Garcia lamperez [8] bahwa split ring akan membuat respons frekuensi menjadi dual band. Hasil simulasi dari filter tipe 4 menghasilkan bentuk 1 buah bandpass filter multiband. Insertion loss pada filter 4 sebesar -0.4036 dB dan terdapat 4 Transmission zeros. Penambahan split ring memunculkan tambahan transmission zeros pada  $S_{21}$  ini memperbaiki redaman pada sisi frekuensi tinggi. Filter trisection

triangular dengan split pada 2 resonator bawah. Filter tipe 5 mirip dengan filter 4 tetapi split resonator dihilangkan pada resonator puncak untuk mengetahui apakah ada perubahan dari respon frekuensi ketika split resonator di hilangkan. Hasil simulasi dari filter tipe 5 menghasilkan bentuk 1 buah bandpass filter, serta terdapat 4 transmission zeros. Jumlah transmission zeros disisi bawah dan atas pass band filter tipe 5 sama dengan filter tipe 4, penambahan layer pada resonator puncak kurang mempengaruhi respon frekuensi. Filter trisection 6, triangular dengan split 2 layer dan resonator atas ditambahkan stub. Filter tipe 6 mirip dengan filter tipe 4, hanya pada filter tipe 6 resonator atas ditambahkan stub, penambahan stub ini mendapat ide dari penelitian XY.Zhang [9] dimana penambahan stub meningkatkan selektifitas pada filter open loop square. Hasil simulasi dari filter tipe 6 menghasilkan bentuk 1 buah bandpass filter multiband. Bandwidth sedikit mengecil sebesar 1 MHz dibanding filter tipe 4 yang diduga karena menggunakan stub pada resonator puncak. Insertion loss sebesar -0.5661 dB serta menghasilkan 5 buah transmission zeros

#### 4 KESIMPULAN

Pada penelitian ini dirancang filter trisection yang bekerja pada frekuensi 900 MHz. Dengan memfariasikan bentuk dari resonator maka diamati hasil respons frekuensi dari filter trisection. Berdasarkan data hasil pengukuran maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Filter trisection asimetris dapat dirancang menggunakan bentuk segitiga (*triangular*) selain bentuk kotak (*open loop square*) yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya.
2. Pada penelitian ini didapatkan insertion loss terkecil pada filter 4 dengan bentuk trisection triangular dengan sisi dalam di split 2 layer, insertion loss yang didapatkan sebesar -0.403 dB, terdapat perbaikan insertion loss dari filter 2 dengan bentuk tidak displit layer yang terukur sebesar -0.968 dB, sehingga disimpulkan teknik split layer pada resonator dapat mengurangi nilai *insertion loss* pada filter mikrostrip.
3. Penambahan split layer pada resonator seperti filter juga menambahkan *transmission zeros* dengan jumlah *transmission zeros* menjadi 4 buah pada frekuensi 760 MHz, 1.110 MHz, 1.510 MHz dan 2.220 MHz jika dibandingkan dengan filter 2 dimana resonator tidak di split layer yang hanya memiliki 3 buah *transmission zeros* pada frekuensi si 760 MHz, 1.510 MHz, dan 2.490 MHz.

4. Penambahan stub pada resonator dapat menambah transmission zeros seperti pada filter 6 dengan bentuk trisection triangular split 2 layer dengan ditambahkan stub yang menghasilkan 5 buah transmission zeros pada frekuensi 760 MHz, 1.110 MHz, 1.350 MHz dan 2.220 MHz, hal ini lebih banyak dibandingkan filter sejenis yaitu filter 4 dengan bentuk trisection triangular split 2 layer tapi tanpa penambahan stub yang hanya menghasilkan 4 buah transmission zeros pada frekuensi 760 MHz, 1.110 MHz, 1.510 MHz dan 2.220 MHz.
5. Penambahan stub pada resonator sedikit meningkat insertion loss filter 6 dari insertion loss -0.565 dB jika dibandingkan dengan filter 4 yang tanpa penambahan stub memiliki insertion loss sebesar -0.403 dB.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Alaydrus, "Riset Band Pass Filter Mikrostrip—State of the Art," *InComTech*, vol. 6, no. 2, pp. 123–144, 2015.
- [2] J.-S. Hong and M. J. Lancaster, "Microstrip cross-coupled trisection bandpass filters with asymmetric frequency characteristics," *IEE Proc.-Microw. Antennas Propag.*, vol. 146, no. 1, pp. 84–90, 1999.
- [3] J.-S. G. Hong and M. J. Lancaster, *Microstrip filters for RF/microwave applications*. John Wiley & Sons, 2004.
- [4] J.-S. Hong and M. J. Lancaster, "Microstrip triangular patch resonator filters," in *2000 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest (Cat. No. 00CH37017)*, 2000, vol. 1, pp. 331–334.
- [5] R. Wu and S. Amari, "New triangular microstrip loop resonators for bandpass dual-mode filter applications," in *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, 2005.*, 2005, pp. 941–944.
- [6] J.-W. Fan, C.-H. Liang, and D. D. D. Li, "Design of cross-coupled dual-band filter with equal-length split-ring resonators," *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 75, pp. 285–293, 2007.
- [7] J.-C. Lu, C.-K. Liao, and C.-Y. Chang, "Microstrip parallel-coupled filters with cascade trisection and quadruplet responses," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 56, no. 9, pp. 2101–2110, 2008.



- [8] A. Garcia-Lamperez and M. Salazar-Palma, "Dual band filter with split-ring resonators," in *2006 IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, 2006, pp. 519–522.
- [9] X. Y. Zhang, J. X. Chen, J. Shi, and Q. Xue, "High-selectivity dual-band bandpass filter using asymmetric stepped-impedance resonators," *Electron. Lett.*, vol. 45, no. 1, p. 1, 2009.
- [10] J.-C. Lu, C.-K. Liao, and C.-Y. Chang, "Microstrip parallel-coupled filters with cascade trisection and quadruplet responses," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 56, no. 9, pp. 2101–2110, 2008.

