

Perancangan dan Realisasi Filter Band Pass Hairpin Line Pada Frekuensi 2.425 Ghz menggunakan Substrat Rogers Duroid 5880 untuk Satelit Nano

“Design and Realization of the Band Pass Filter Hairpin Line at 2,425 Ghz Frequency using Duroid 5880 Rogers Substrate for Nano Satellite ”

Angga Harwi Yanto¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
anggaharwi@gmail.com¹ heroe@telkomuniversity.ac.id² yuwuwahyusr@gmail.com³

ABSTRAK

Universitas telkom sedang melakukan penelitian mengenai satelit nano dengan misi remote sensing. Satelit nano universitas telkom diberi nama Tel-USAT 1 yang menggunakan frekuensi 2425 mhz untuk keperluan pengiriman data muatan kamera dengan misi penginderaan jarak jauh. Satelit nano ini mengorbit pada lintasan Low Earth Orbit (LEO).^[1] Satelit ini mempunyai fungsi utama untuk keperluan komunikasi data. Pada bagian *space segment* terdapat subsistem RSPL (*Remote Sensing Payload*) yang bertugas mengirimkan data gambar dari hasil pemotretan permukaan bumi oleh kamera. RSPL (*Remote Sensing Payload*) sebagai sensor *payload* menggunakan frekuensi 2.425 Ghz. Untuk dapat bekerja dengan baik maka dibutuhkan *band pass filter* untuk bisa meloloskan frekuensi tersebut.

Untuk mendapatkan hasil tersebut, filter ini harus memiliki tingkat akurasi *slope* yang tajam dan memiliki *bandwidth* 20 MHz. Pada perancangan *band pass filter* menggunakan metode *Hairpin-Line* dan simulasi *software CST Studio Suite*. Filter yang dirancang menggunakan *Substrat Rogers Duroid 5880*.

Filter yang dirancang menggunakan metode *hairpin line* dengan respon frekuensi *chebyshev ripple* 0.01 dB. Pada frekuensi tengah filter di 2425 Mhz menunjukkan *insertion loss* sebesar -3,988 dB dan *return loss* yang bernilai -10,680 dB. *Bandpass filter hairpin line* menunjukkan respon fasa yang linear. *Bandwidth* dari filter yang telah dirancang ini sebesar 45 Mhz. Dengan adanya perangkat *filter* ini, sehingga dapat mendukung perancangan filter di satelit nano.

Kata kunci : *Nanosatellite, Band Pass Filter, Hairpin-Line, chebyshev, ripple, Rogers Duroid 5880*

ABSTRACT

Telkom University is conducting research on the nano satellite remote sensing missions. Nano satellite telecoms university named Tel-USAT one that uses the 2425 mhz frequency for data transmission purposes payload camera with remote sensing missions. This nano satellites orbiting on track Low Earth Orbit (LEO)^[1]. This satellite has a primary function for data communication purposes. In the space segment are RSPL subsystem (*Remote Sensing Payload*) is in charge of sending the image data of the Earth's surface captured by the camera. RSPL (*Remote Sensing payload*) as the payload sensor using 2425 Ghz frequency. To be able to work well it needs a *band pass filter* to be able to pass these frequencies.

To obtain these results, these filters must have an accuracy rate of a sharp slope and has a bandwidth of 20 MHz. In designing the *band pass filter* using the *Hairpin-Line* and simulation software *CST Studio Suite*. Filter designed using *Rogers Duroid* substrate 5880.

Filter designed using *hairpin line* with 0:01 ripple Chebyshev frequency response dB. At the center frequency at 2425 MHz filter shows an *insertion loss* of -3.988 dB and *return loss* are appreciating -10.680 dB. *Hairpin bandpass filter line* shows a linear phase response. The bandwidth of this filter has been designed by 45 Mhz. With the existence of this filter device, so it can support the design of the filter in nano satellites.

Keywords: *Nanosatellite, Band Pass Filter, Hairpin-Line, chebyshev, ripple, Rogers Duroid 5880*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi satelit terus berkembang. Tren yang berkembang adalah menciptakan teknologi yang efektif dan efisien dengan biaya yang murah. Salah satu yang dikembangkan adalah satelit berukuran nano atau yang sering disebut nanosatellite.

Salah satu subsistem yang ada dalam satelit tersebut adalah *Remote Sensing Payload (RSPL)* untuk keperluan sensor *payload* gambar (image) berikut dengan sistem transmitter yang dapat digunakan untuk aplikasi penginderaan permukaan bumi. Sistem satelit nano yang dirancang ini bekerja pada frekuensi 2.424

GHz . Karena ada noise perangkat dan interferensi yang dapat mengganggu frekuensi agar sistem satelit nano dapat bekerja dengan baik maka dibutuhkannya band pass filter untuk bisa meloloskan frekuensi tersebut.

Untuk hasil filtering yang bagus filter ini harus memiliki tingkat akurasi slope yang tajam untuk mengurangi derau pada frekuensi tersebut yang bisa mengganggu kinerja Remote Sensing Payload (RSPL) untuk keperluan sensor payload gambar (image) berikut dengan sistem transmitter yang dapat digunakan untuk aplikasi penginderaan permukaan bumi. Pada perancangannya akan menggunakan software CST Studio Suite. Konsep dasar sistem satelit nano ini dibangun dengan memanfaatkan gelombang mikro yang dipancarkan ke permukaan bumi dan menerima pantulan (backscatter) untuk mendeteksi objek.

Maka disini perlu dilakukan sebuah perancangan band pass filter untuk meloloskan sinyal yang dibutuhkan oleh sensor agar bisa bekerja. Untuk hasil filtering yang bagus filter ini harus memiliki tingkat akurasi slope yang tajam untuk mengurangi derau yang bisa mengganggu kinerja sensor RSPL.

2. Dasar Teori

2.1 Satelit Nano [1]

Satelit adalah bintang siarah yang mengedari bintang siarah yang lebih besar[4]. Ada dua jenis satelit yaitu satelit alami dan satelit buatan. Satelit nano merupakan satelit buatan yang menggunakan komponen penyusunnya berukuran kecil, dengan berat sekitar 10-15 kg. Satelit berukuran nano ini, akan mengorbit pada lintasan *Low Earth Orbit* (LEO) dengan jarak 700 km di atas permukaan bumi.

2.2 Filter Hairpin

Filter hairpin mempunyai konsep yang didapat dengan lipatan resonator dari *parallel-coupled, half-wavelength resonator filters*, mempunyai bentuk “U”. Untuk lipatan resonator, ini penting dengan mengambil perkiraan pengurangan dari panjang *coupled line*, yang mana mengurangi kopling antara resonator. Untuk mendisain filter Hairpin ditentukan oleh persamaan: [5].

$$K = \frac{1}{\sqrt{C_i}} \quad \text{for } i = 1 \text{ to } n-1 \tag{2.1}$$

$$\frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_{i+1}} \tag{2.2}$$

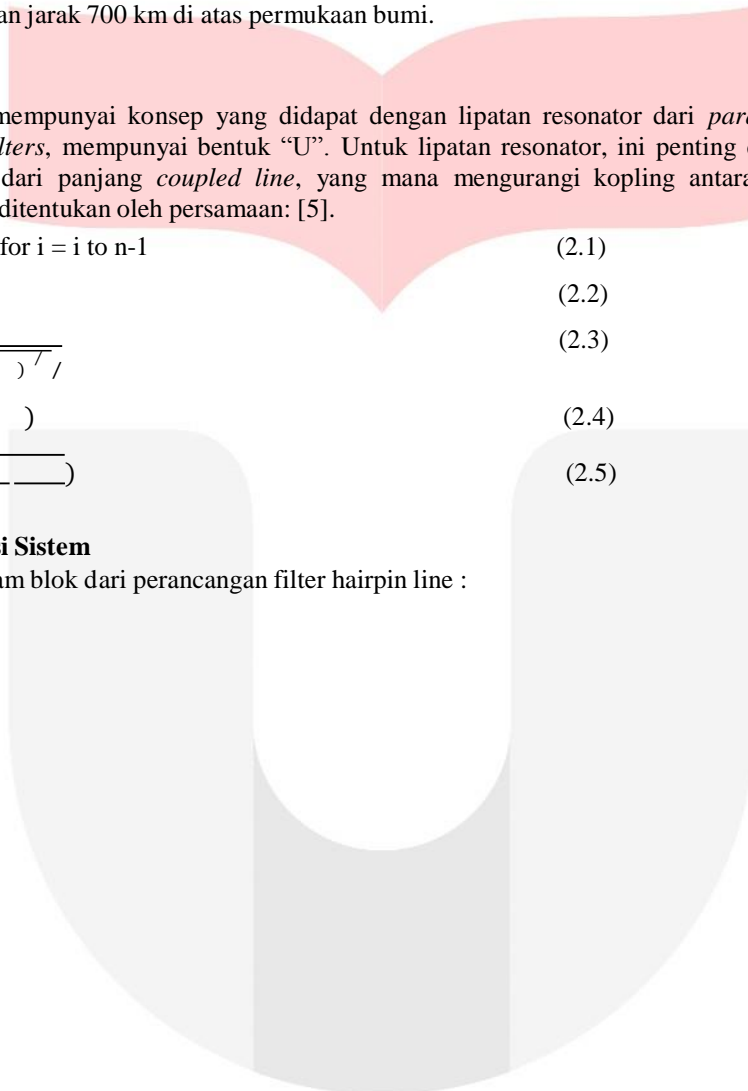
$$\frac{1}{\sqrt{C_i}} = \frac{1}{\sqrt{C_{i+1}}} \tag{2.3}$$

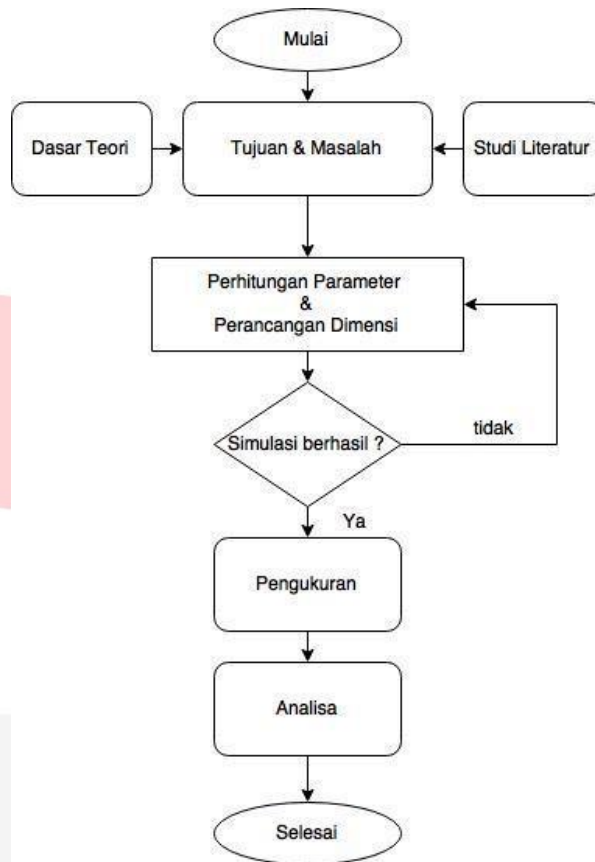
$$\frac{1}{C_i} = C_{i+1} \tag{2.4}$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{C_i}} \tag{2.5}$$

3. Desain dan Realisasi Sistem

Berikut adalah diagram blok dari perancangan filter hairpin line :





Gambar 3.1 Diagram blok perancangan

3.1 Spesifikasi Perancangan

Adapun spesifikasi yang diperlukan dalam perancangan Bandpass pada tugas akhir ini sebagai berikut

3.1.1 Perancangan Dimensi Resonator Hairpin Line

Bandpass filter hairpin line dirancang menggunakan substrat rogers duroid 5880 maka konstanta dielektrik relative sebesar 2.2 dan ketebalan substrat (h) sebesar 1.57 mm. konstanta dielektrik dan tebal substrat ini digunakan untuk perhitungan lebar dan panjang saluran resonator.

3.1.2 Lebar saluran resonator

Perhitungan lebar saluran resonator dapat menggunakan persamaan 2.6. perhitungan lebar saluran resonator dengan nilai konstanta dielektrik 2,2 dan tebal substrat 1,57 mm dan impedansi (Zc) bernilai 50 ohm. [2]

$$W = \frac{Z_0}{Z_c} \sqrt{\frac{\epsilon_r}{2}} = 7,9825 \quad (2.6)$$

$$W = 3,13$$

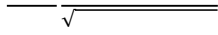
Karena $W/d > 2$, dengan nilai d sebesar 1,57 maka lebar saluran resonator adalah :

$$W_c = W \times d = 3,13 \times 1,57 = 4,91 \text{ mm.}$$

3.1.3 Panjang saluran resonator

Panjang saluran resonator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7-2.8 sebagai berikut : [3]

$$L = 2,1880 \quad (2.7)$$



$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = 50,763 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{(\text{---})}{\sqrt{\epsilon_r}} = 1,6552 \times 10^{-3} \text{ m} \tag{2.8}$$

3.1.4 Slide factor dan saluran terkopel

Untuk menentukan panjang dari *slide factor*, terlebih dahulu menentukan panjang saluran dengan menggunakan persamaan 2.9. Dari persamaan tersebut idapatkan hasil perhitungan sebagai berikut: [3]

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.9}$$

Dengan :

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Persamaan untuk konstanta dielektrik mode genap ():

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Dengan :

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$= \left[\frac{(\text{---})}{(\text{---})} \right] = [(\text{---})]$$

$$(\text{---})$$

Persamaan untuk konstanta dielektrik mode ganjil ():

$$[(\text{---})] (\text{---})$$

dengan:

$$[(\text{---})]^* (\text{---})$$

$$(\text{---}) (\text{---})$$

$$(\text{---})$$

Jadi panjang saluran terkopel sebagai berikut :

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Dari perhitungan nilai panjang saluran terkopel tiap resonator sebagai berikut :

- $l_{23} = 10,2365 \text{ mm}$
- $l_{34} = 10,2146 \text{ mm}$
- $l_{45} = 10,2331 \text{ mm}$

$$l_{56} = 10,2094 \text{ mm}$$

$$l_{67} = 10,2660 \text{ mm}$$

Setelah panjang saluran terkopel diketshui maka dapat menentukan panjang slide factor dengan persamaan 2.10 .
perhitungan untuk mencari nilai slide factor sebagai berikut :

$$B_{12} = \frac{1}{2} (l_{56} + l_{67})$$

$$B_{12} = 14,1352 - (l_{56} + l_{67})$$

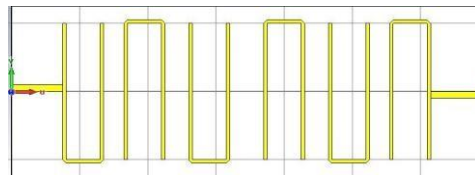
3.1.5 Dimensi tap-line [3]

$$\text{---} \quad \text{---} \sqrt{\text{---} \text{---}} /$$

4. Desain Filter Hairpin Line

4.1 Desain Filter Hairpin Line

Proses desain berdasarkan perhitungan diatas dan ditambah modifikasi maka didapatkan desain seperti gambar dibawah ini :

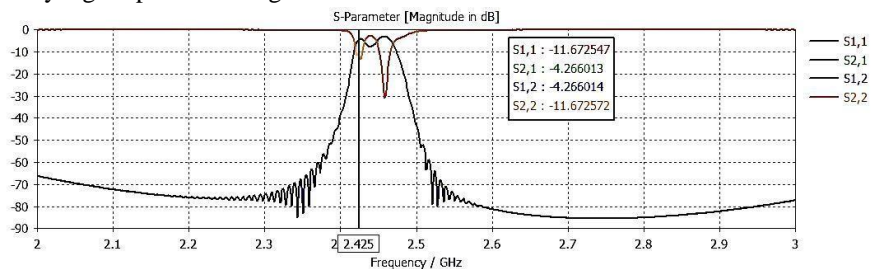


Gambar 4.1 S- layout hairpin

Tabel 4.1 Nilai nilai parameter hairpin dioptimasi

| Resonator ke- | Lebar resonator (W _c) | Panjang resonator (l) | Jarak resonator (S) | Slide factor (B) |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| 1 | 1 mm | 40 mm | mm | 10 mm |
| 2 | 1 mm | 40 mm | | 10 mm |
| 3 | 1 mm | 40 mm | | 10 mm |
| 4 | 1 mm | 40 mm | | 10 mm |
| 5 | 1 mm | 40 mm | | 10 mm |
| 6 | 1 mm | 40 mm | | 10 mm |

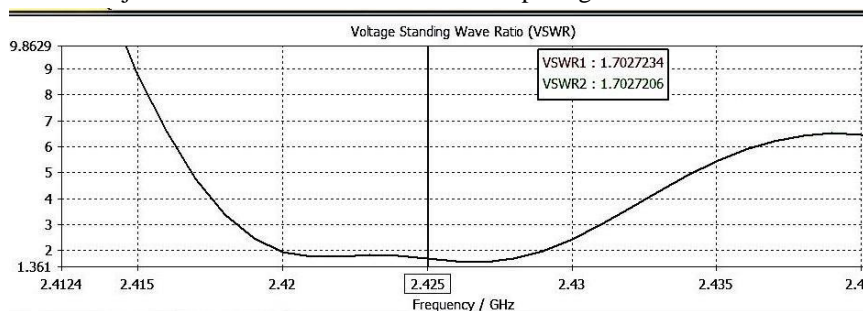
Hasil S-Parameter yang dioptimasi sebagai berikut :



Gambar 4.2 S-Parameter

Pada tahap optimasi ini telah didapatkan range frekuensi yang diinginkan dalam spesifikasi alat. Respon frekuensi pada tahap optimasi menunjukkan return loss sebesar -11,6725 db sedangkan insertion loss nya sebesar -4,266 dB.

Pada tahap simulasi menunjukkan VSWR sebesar 1.7 dan terlihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 VSWR simulasi

4.2 Realisasi bandpass hairpin line

Setelah optimasi desain dengan menggunakan simulator menghasilkan perancangan sesuai dengan spesifikasi maka dilakukan realisasi filter, dan didapatkan hasil S parameter sebagai berikut :



Gambar 4.4 Return loss realisasi

Pada gambar 4.2 marker 1 menunjukkan retrans loss sebesar -1,770 Db, marker 2 pada layar network analyzer menunjukkan retrans loss sebesar -6,936 db, marker 3 menunjukkan retrans loss sebesar -10,680 db pada marker 3 ini merupakan frekuensi kerja dari bandpass filter hairpin yang dirancang. Pada marker 4 mempunyai retrans loss sebesar -6,200 db sedangkan marker 5 mempunyai retrans loss sebesar -2,895 db.

Pada marker 2 dan 4 pada layar network analyzer diatas merupakan lebar bandwidth pada bandpass filter hairpin yang dirancang. Marker 3 merupakan frekuensi tengah pada filter.

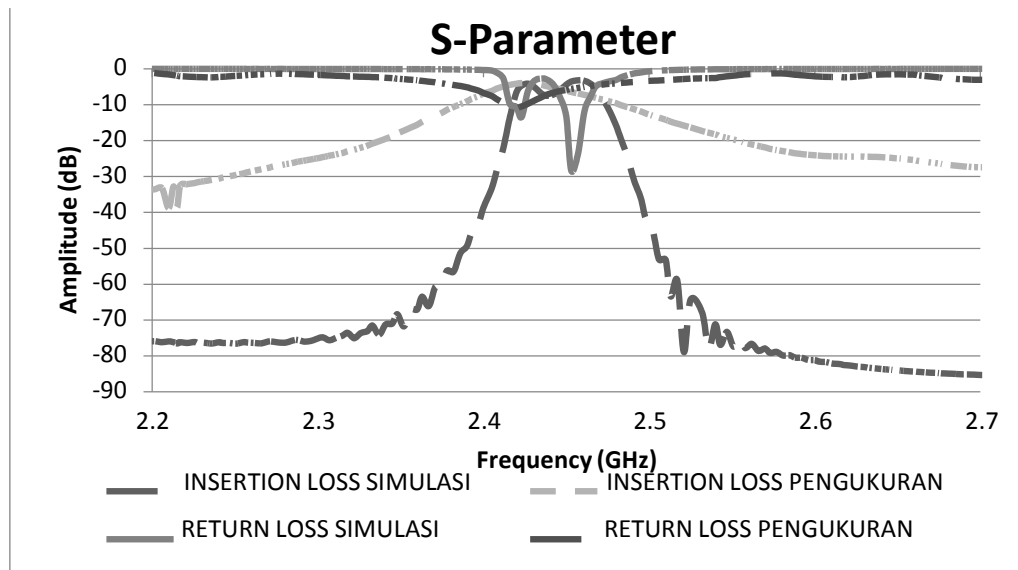
Insertion loss pada realisasi didapatkan hasil seperti gambar 4.5



Gambar 4.5 insertion loss realisasi

Hasil pengukuran insertion loss (S21) pada layar network analyzer diatas menunjukkan marker 3 pada frekuensi kerja 2,425 Ghz memiliki insertion loss (S21) sebesar -3,388 db, artinya pada frekuensi 2,425 daya pancar yang keluar pada filter sebesar -3,388 db dari daya yang masuk pada filter.

Dari hasil simulasi dan pengukuran didapatkan perbedaan grafik S-Parameter bandpass filter hairpin line yang menggunakan substrat rogers duroid 5880 pada frekuensi tengah 2425 Mhz. S-Parameter itu terdiri dari *Return loss* (S11) dan *Insertion Loss* (S21) .



Gambar 4.6 S-Parameter simulasi dan pengukuran

5 Kesimpulan dan Saran

Bandpass filter hairpin line memiliki frekuensi tengah 2425 Mhz dan frekuensi tersebut yang dibutuhkan oleh satelit nano. Pada frekuensi 2425 Mhz memiliki insertion loss sebesar -3,988 dB dan return loss yang bernilai -10,6800 dB. Bandwidth dari bandpass filter ini sebesar 45 Mhz, oleh karena itu bandwidth dari spesifikasi rancangan sudah terpenuhi. Bandpass Filter dapat meredam sumber interferensi di luar range frekuensi namun belum sesuai dengan spesifikasi awal pada perancangan.

Dalam menentukan nilai-nilai parameter pada filter maka proses perhitungan harus dilakukan dengan teliti. Hal ini akan sangat mempengaruhi hasil simulasi dan pengukuran, karena selisih nilai akan mempengaruhi hasil. Dan saat melakukan pembulatan bilangan harap juga diperhatikan, sebaiknya pembulatan bilangan dilakukan ketika sudah pada tahap akhir perhitungan. Proses pabrikan alat harus perhatikan vendor percetakan alat dan pemotongan papan PCB harus rata permukaannya. Dimensi filter harus ditentukan terlebih dahulu sebelum dirancang.

REFERENSI

- [1] **Ahmad, Nizam.** *Karakteristik Orbit Satelit Mikro di Ketinggian LEO.* Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN. Jurnal.
- [2] Pozar, David M. 2012. *Microwave Engineering.* Fourth Edition. John Wiley & Son, Inc. United States.
- [3] Hong, Jia-Sheng, Lancaster, M. J. 2001. *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications.* John Wiley & Son, Inc. United States.
- [4] **Departemen Pendidikan Nasional.** (2002). *Kamus Besar Bahasa Indonesia.* Jakarta. Balai Pustaka.
- [5]. Nikholas G. Toledo, "Practical techniques for desaigning microstrip tapped hairpin resonator filters on FR4 Laminates," advanced science and technology Institute.