

Perancangan dan Realisasi Band Pass Filter yang Bekerja pada Frekuensi 3.00 Ghz menggunakan Metode Hairpin

Bekti Utami Suryaningsih^[1], Achmad Ali Muayyad^[2], Enceng Sulaeman^[3]

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jln Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257, Indonesia

bektiutami22@gmail.com, ali.muayyad@gmail.com, encneg_s@yahoo.com

Abstrak

Airport Surveillance Radar (ASR) merupakan radar yang mengawasi pergerakan pesawat komersial pada saat memasuki dan meninggalkan wilayah bandar udara, dan radar ini juga dapat mengawasi pergerakan pesawat sehingga pesawat selalu dimonitoring. ASR bekerja pada frekuensi dasar S-band yang mempunyai range frekuensi dari 2 GHz – 4 GHz. Radar pengawas bandara ini bekerja pada frekuensi 3.00 GHz. Dan dibutuhkan sebuah modul yang dapat melewatkan frekuensi tersebut, modul tersebut adalah filter. Jenis filter yang dibutuhkan adalah *band pass filter*, yaitu melewatkan frekuensi yang diinginkan dan memotong frekuensi yang tidak diharapkan. Pada penelitian ini telah direalisasikan filter dengan metodis hairpin line. Filter ini direalisasikan dengan menggunakan substrat ROGERS RO 4003 yang mempunyai nilai *loss tangent* sebesar 0.0027. yang bekerja pada frekuensi 3.00 GHz dengan lebar *bandwidth* sebesar 100 MHz. Pada hasil pengukuran nilai frekuensi bergeser menjadi 3.10 GHz dan *bandwidth*nya masih cukup lebar yaitu 150 MHz, namun memiliki nilai *return loss* yang bagus yaitu sebesar 20.277 dB dan memiliki nilai *insertion loss* sebesar 2.018 dB.

Kata kunci— *band pass filter, hairpin, synthetic aperture radar*

Abstract

Airport Surveillance Radar (ASR) is a radar which oversees commercial aircraft movements on entering and leaving the territory of airport terminals, and these radars can also monitor the movement of aircraft so that the aircraft is always monitored. ASR bekerja on dasar S-band frequencies that have the frequency range of 2 GHz - 4 GHz. Radar watchdog this airport bekerja at 3:00 GHz frequency. And it takes a module that can skip these frequencies, the module is a filter. This type of filter is needed is a *band pass filter*, which is skipped and the desired frequency cut off frequency that is not expected. In this Research has been realized with a methodical hairpin line filter. This filter is realized using RO 4003 ROGERS substrate which has an indigo *loss tangent* value of 0.0027. who works at a frequency of 3:00 GHz with a *bandwidth* of 100 MHz. On the results of the measurement values shifted to 3:10 GHz frequency and *bandwidth* is still wide enough that is 150 MHz, but memiliki a good *return loss* in the amount of 20 277 dB and has a value of 2,018 dB *insertion loss*.

Keywords— *band pass filter, hairpin, synthetic aperture radar*

1. Pendahuluan

Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia sangat luas maka dari itu kebutuhan akan radar sangat besar untuk dapat mengawasi seluruh wilayah Indonesia secara terus menerus supaya tidak terjadi kegiatan ilegal. Kombinasi cakupan radar pertahanan udara (Hanud) milik TNI dan radar pengawas udara milik bandara belum dapat mencakup semua wilayah udara NKRI. Radar pengawas udara digunakan untuk memantau pergerakan pesawat komersial pada saat memasuki atau keluar wilayah udara bandara tertentu. Selain itu radar pengawas udara juga dapat digunakan untuk memantau pergerakan pesawat udara komersial, sehingga pergerakan pesawat tersebut selalu dimonitoring dan dipandu^[1].

Filter yang baik memiliki ketajaman yang curam dan mempunyai selektivitas yang tinggi. Filter yang akan digunakan pada ASR adalah *band pass filter* dengan lebar *bandwidth* sebesar 100 MHz pada daerah kerja 2.95 GHz sampai dengan 3.05 GHz. Fungsi *band pass filter* untuk meredam frekuensi yang berada di atas maupun dibawah frekuensi kerja. Filter yang dirancang menggunakan saluran mikrostrip dengan menggunakan bahan dielektrik ROGERS RO 4003 dengan nilai permitivitas dielektriknya 3.8 dan nilai *tangent loss* nya sebesar 0.0027 .

Adapun tujuan dari pembuatan filter ini adalah merancang sebuah *bandpass filter* dengan frekuensi 3.00 GHz, dengan menggunakan pemodelan filter *hairpin resonator* yang menggunakan bahan ROGERS RO4003 dan menghasilkan slope yang tajam pada daerah *bandpass* 100 MHz. Kemudian mengukur dan menganalisis dengan cara membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengukuran.

Perancangan *filter* hairpin ini terdiri atas perancangan *band pass filter* (BPF) yang bekerja pada frekuensi 3.0 GHz dan menggunakan metode hairpin. Dan disimulasikan menggunakan *software* (perangkat lunak) AWR 2009.

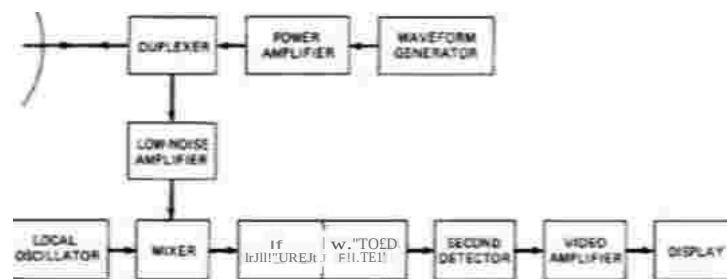
Dengan mempertimbangkan ukuran filter yang kecil, maka dipilih resonator hairpin. Selain ukurannya yang relatif kecil hairpin resonator juga memiliki struktur yang tersusun rapi dan dapat digunakan pada *bandwidth* yang cukup lebar. Pada filter ini menggunakan bahan *microstrip*, karena *microstrip* lebih mudah dalam pabrikan dan *losses* yang ditimbulkan relatif kecil.

2.Dasar Teori

A Radar

Radar (*Rado Detection Ranging*) merupakan perangkat yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal elektromagnetik dan menerima pantulan dari objek yang menjadi target. Radar dapat mendeteksi objeknya dengan adanya pantulan atau respon dari benda yang menjadi targetnya. Beberapa radar juga dapat beroperasi dalam mode pasif dimana pemancar dimatikan dan informasi mengenai target diperoleh dengan cara menerima radiasi yang berasal dari target sendiri atau yang dipantulkan oleh target^[2].

Radar bisa mendeteksi target yang relatif kecil pada jarak yang dekat maupun jauh dan dapat mengukur jangkauannya disegala cuaca, yang merupakan keuntungan utama dari radar dibanding dengan sensor yang lainnya. Radar pada awalnya hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan militer untuk *surveillance* dan kontrol senjata. Namun, radar telah melihat aplikasi sipil, seperti pesawat, kapal, dan pesawat ruang angkasa, penginderaan jarak jauh, terutama cuaca dan penegakan hukum serta banyak aplikasi yang lainnya^[3].



Gambar 1 Blok Diagram Radar ^[3]

B ASR^[2]

Airport Surveillance Radar (ASR) merupakan radar pengawas bandar udara yang bekerja pada range yang menengah (misalnya, 60 mil laut), *Airport Surveillance Radar* digunakan untuk mengontrol pesawat yang berada disekitar bandara. ASR memiliki jangkauan deteksi yang cukup jauh, yaitu sekitar 70 sampai dengan 100 km pada pesawat kecil, dan mempunyai periode waktu yang singkat yaitu cukup dengan waktu 4 sampai 5 detik untuk mendeteksinya, dan beroperasi pada frekuensi S-band.



Gambar 2 Airport Surveillance Radar

C Daerah Frekuensi Radar^[2]

Radar S-band, bekerja pada frekuensi 2.00 – 4.00 GHz, frekuensi ini mempunyai banyak keuntungan untuk aplikasi radar. Radar cuaca dari radar S-band menyediakan data yang akurat untuk curah hujan, dan dengan *beamwidth* yang dapat dicapai dengan menggunakan antenna berukuran sedang, maka frekuensi ini cocok

digunakan untuk radar pelacakan khusus. Sebagian besar *Airport Surveillance Radar (ASR)* beroperasi pada radar S-band, dan banyak militer yang menggunakan untuk radar pencari dengan sistem pengendalian target yang akurat.

D Filter

Filter adalah perangkat yang mempunyai kemampuan untuk dapat melewatkan sinyal dengan frekuensi tertentu sesuai dengan yang kita inginkan dan meredam sinyal diluar yang kita inginkan atau meredam sinyal yang tidak diinginkan. *Passband* adalah daerah frekuensi yang dilewati oleh sinyal, *stopband* adalah daerah frekuensi yang tidak dapat dilewati oleh filter. Daerah *passband* dibatasi oleh frekuensi yang disebut dengan frekuensi *cut off*, frekuensi ini adalah frekuensi sinyal yang pada frekuensi tersebut daya akan turun setengah kali dari daya sinyal sebesar 3 dB dari frekuensi *passband*nya.^[4]

Berdasarkan daerah *passband* dan *stopband*, filter dapat dibagi menjadi 4, yaitu, sebagai berikut :^[4]

1. *Low Pass Filter (LPF)* adalah jenis filter yang dapat melewatkan frekuensi dibawah frekuensi *cutoff* dan meredam frekuensi diatas frekuensi *cutoff*.
2. *High Pass Filter (HPF)* adalah jenis filter yang melewatkan frekuensi diatas frekuensi *cutoff* dan meredam frekuensi dibawah frekuensi *cutoff*.
3. *Band Pass Filter (BPF)* adalah jenis filter yang hanya dapat melewatkan sinyal pada range frekuensi tertentu dan dapat meredam sinyal diluar dari range frekuensi tersebut. Atau dengan kata lain, BPF memiliki daerah *passband* yang berada pada antara frekuensi *cutoff 1* (f_{c1}) dan frekuensi *cutoff 2* (f_{c2}).
4. *Band Stop Filter (BSF)* adalah jenis filter yang berfungsi kebalikan dari filter BPF

a Jenis Filter Berdasarkan Karakteristik Respon Pass Band

Jenis filter berdasarkan karakteristik respon *passband* nya dapat dibagi menjadi beberapa, yaitu :^[4]

1. Respon *Butterworth*

Respon jenis ini tidak terdapat *ripple* pada respon *passband* nya.

2. Respon *Chebyshev*

Pada respon *Chebyshev* memiliki selektivitas yang lebih baik apabila dibandingkan dengan respon *Butterworth*. Namun, pada respon *Chebyshev* terdapat *ripple* yang konstan pada daerah *passband* nya.

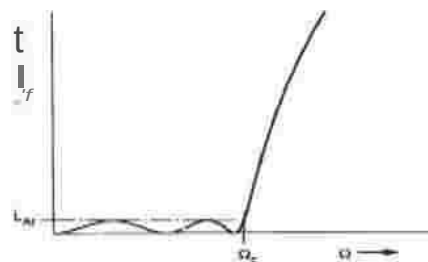
3. Respon *Elliptic*

Respon jenis ini mempunyai *ripple* yang sama pada respon *passband* maupun *stopband* nya.

4. Respon *Gaussian/Bessel*

Respon jenis ini tidak mempunyai *ripple* pada respon *passband*nya, tetapi pada respon ini terdapat *delay* untuk setiap orde filter yang diberikan.

Pada penelitian kali ini membutuhkan respon yang tajam yaitu menggunakan respon *Chebyshev*, karena pada respon *Chebyshev* memiliki respon yang curam pada daerah *passband* dan *stopband* dan memiliki faktor kualitas (Q) yang tinggi.



Gambar 3 Respon Frekuensi Chebyshev

b Parameter Filter

Dalam merancang sebuah filter sebaiknya terlebih dahulu kita menentukan spesifikasi yang kita inginkan, agar hasil dari perancangan filter sesuai atau mendekati dengan spesifikasi yang diharapkan. Parameter – parameter penting yang digunakan seperti *scattering parameter* (S-parameter), *return loss*, *insertion loss*, faktor kualitas (Q-faktor), dan VSWR.

• Scattering Parameter (S-Parameter)

Parameter S biasanya digunakan untuk gelombang *microwave*. Parameter S dapat dijelaskan dengan mudah, hanya dengan menggunakan dua terminal saja yaitu terminal *input* dan terminal *output*^[4]. Pada *input* terdapat gelombang datang dengan parameter a_1 dan a_2 , sedangkan pada *output* terdapat gelombang pantul dengan parameter b_1 dan b_2 ^[4].

- **Return Loss**

Return loss adalah parameter yang menyatakan kehilangan daya yang dipantulkan kembali ke sumber diakibatkan oleh gangguan transmisi atau rangkaian yang tidak *matching*. *Return loss* dinyatakan sebagai rasio dalam *decibel*, yaitu perbandingan daya yang dipantulkan (P_R) dengan daya yang dikirimkan dari sumber (P_T). Nilai dari *return loss* harus sekecil mungkin atau bahkan bernilai negatif agar terjadi transfer daya maksimum.^[6]

- **Insertion Loss**

Insertion Loss adalah *loss* yang ditimbulkan dari pemasangan suatu rangkaian antara sumber tegangan dengan suatu beban^[7]. *Insertion loss* merupakan rasio perbandingan antara daya yang dikirim ke beban sebelum *insertion loss* (P_T) dengan daya yang diterima beban setelah *insertion loss* (P_R) dalam *decibel*. Nilai *dai insertion loss* mendekati 1 atau 0 dalam dB, sehingga daya yang diterima oleh beban sesuai dengan yang dikirimkan ke beban.^[6]

- **Faktor Kualitas (Q-Factor)**

Faktor Q merupakan parameter untuk mengukur tingkat selektivitas rangkaian yang merupakan rasio dari frekuensi tengah rangkaian resonansi terhadap lebar *bandwidth*^[6].

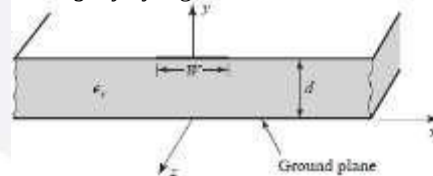
. Faktor Q menunjukkan tingkat selektivitas dari suatu filter, semakin tinggi nilai Q maka semakin selektive filter tersebut. Q *factor* dinyatakan pada persamaan 2.12 berikut ini.^[4]

$$Q = \frac{f_0}{BW} = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \quad (1)$$

Dimana f_0 = frekuensi tengah
 f_1 = frekuensi *cut off* bawah -3dB
 f_2 = frekuensi *cut off* atas -3dB

E. Microstrip Line

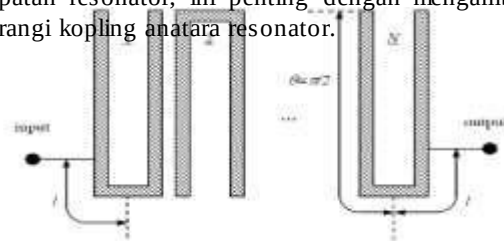
Mikrostrip *line* merupakan media transmisi yang ada pada rangkain *microwave*. Mikrostrip ini terdiri dari saluran strip (konduktor) dan sebuah konduktor *ground plane* yang dipisahkan oleh medium elektrik dengan konstanta dielektrik (ϵ_r). Medan elektromagnetik diudara memiliki nilai 1 ($\epsilon_r=1$), akan mesaluran dengan radiasi s saluran mikrostrip apabila tidak terdapat *shielding* diatas medium dielektrik. Sehingga saluran mikrostrip merupakan sebuah saluran dielektrik *homogeny* yang lebih besar dari satu, tetapi lebih kecil dari konstanta dielektrik bahan.^[6]



Gambar 4 Bentuk Geometri Mikrostrip^[6]

F. Filter Hairpin^[5]

Hairpin-line band pass filter adalah filter yang mempunyai struktur yang tersusun dengan rapi. Filter inni mempunyai konsep yang terdapat lipatan resonator dari *parallel-coupled, half-wavelength* resonantor filter, yang mempunyai bentuk “U”. Untuk lipatan resonator, ini penting dengan mengambil perkiraan pengurangan dari panjang *coupled line*, yang mengurangi kopling antara resonator.



Gambar 5 Konfigurasi Hairpin Line Band Pass Filter^[10]

a Koefisien Kopling^[5]

Saluran yang dilipat berbentuk “U” dan disusun dalam model sehingga seluruh filter dapat lebih ringkas. Untuk mendesain filter *hairpin* dapat dengan teknik kopling dimana koefisien kopling dapat dicari dengan cara:

$$k_n = \frac{BW}{\sqrt{Q_n + 1}} \quad n=1,2,3,\dots \quad (2)$$

Dimana : BW = bandwidth filter

Q_n = frekuensi center filter

Q_n = parameter lowpass chebyshev

Semakin besar koefisien kopling maka transfer daya yang terjadi akan semakin besar pula, sehingga bandwidth lebih besar.

b Spasi Antar Resonator

Koefisien kopling digunakan untuk menentukan spasi antar resonator yang kemudian dimasukkan kedalam grafik. Semakin besar spasi antar resonator maka akan semakin kecil pengaruh koefisien kopling.

c Saluran Input

Terdapat dua metode pada pencatutan dalam mikrostrip *hairpin*

1. Coupled Feed Line

Saluran $\lambda/4$ yang memiliki impedansi yang sama dengan saluran resonator dan dihubungkan dengan saluran 50 ohm. Pemilihan jenis ini baik digunakan untuk bandwidth yang sempit, namun mempersempit gap dapat menjadi masalah karena bandwidth juga melebar dan lebih membutuhkan banyak *coupled*.^[7]

2. Tap Line

Saluran dengan impedansi 50 ohm yang langsung dihubungkan dengan saluran filter.^[7]

Berikut gambar pencatutan

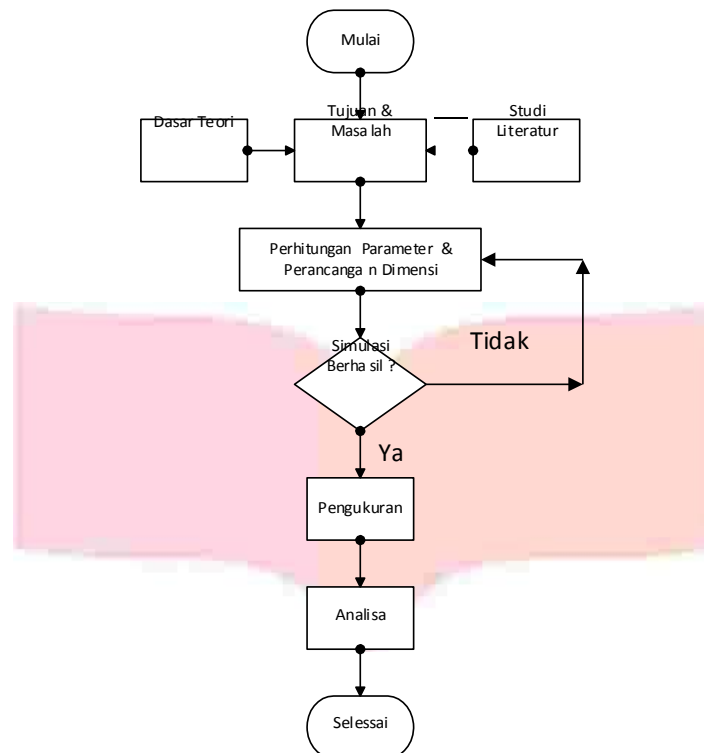


Gambar 6 Microstrip (a) Coupled Line Input (b) Tapped Line Input ^[7]

3. Perancangan

A Gambaran Umum Rancangan Sistem

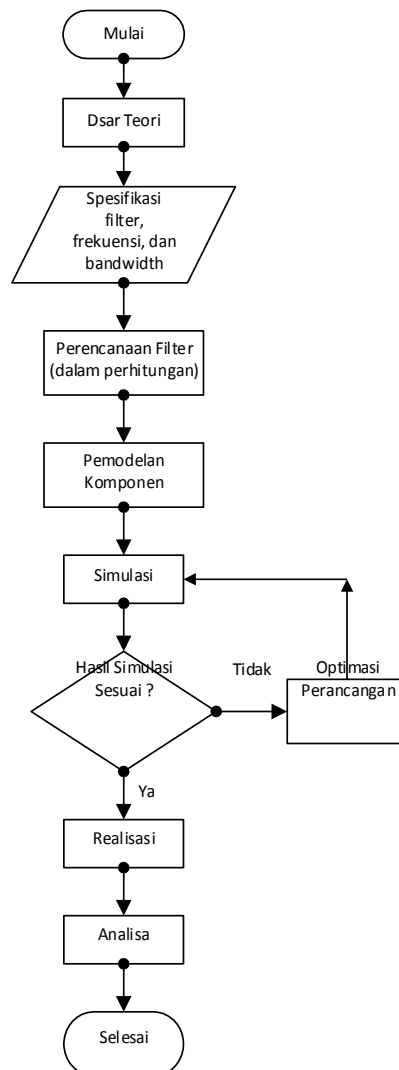
Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan *band pass filter*. Perancangan *band pass filter* ini ditujukan untuk melewatkan frekuensi kerja sebesar 3 GHz dengan menggunakan respon frekuensi *chebyshev*. Dan filter ini dirancang untuk digunakan pada teknologi ASR yang bekerja pada frekuensi 3 GHz. Model resonator yang digunakan dalam filter ini adalah model resonator *hairpin*. Perancangan *bandpass* ini menggunakan teknik pembuatan filter mikrostrip. Pengukuran tersebut menggunakan alat yang disebut *network analyzer* (NA).



Gambar 7 Diagram Alir Proses Perancangan dan Realisasi BPF

B Tahapan Perancangan Filter

Perancangan filter bandpass ini melalui beberapa tahapan dari mulai tahap penentuan spesifikasi, perhitungan, simulasi, hingga tahap realisasi. Dalam penentuan spesifikasi meliputi penentuan frekuensi kerja, frekuensi tengah, nilai bandwidth, nilai insertion loss, return loss, penggunaan respon frekuensi serta tipe mikrostrip yang akan digunakan. Setelah melakukan penentuan spesifikasi yang diinginkan, maka dilakukan perhitungan untuk membuat sebuah desain filter, perhitungan tersebut meliputi penentuan orde filter, lebar saluran, panjang resonator, jarak antar resonator, dan jarak tapping. Setelah dilakukan perhitungan maka dapat membuat sebuah desain yang nantinya akan disimulasikan. Setelah melakukan tahap simulasi dan optimasi berulang kali maka akan mendapatkan sebuah hasil yang mendekati dengan spesifikasi yang telah dirancang sebelumnya maka akan dilakukan tahap perealisasi. Untuk dapat mengetahui parameter dari hasil perancangan dapat dilihat dari diagram alir perancangan filter yang terdapat pada Gambar 8.

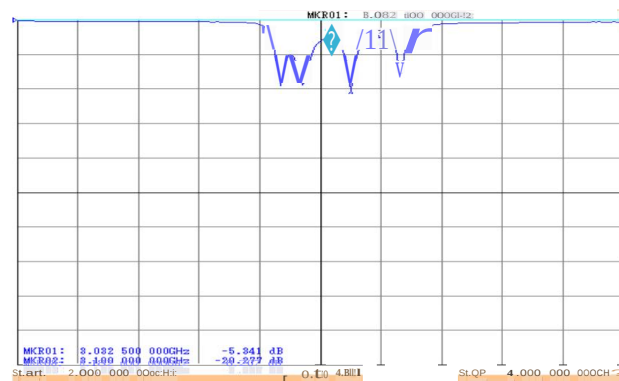


Gambar 8 Alur Prancangan *Hairpin*

4. Pengukuran dan Analisa

Sebelum melakukan tahap pengukuran dilakukan dahulu perealisasi filter yang dicetak pada PCB ROGERS RO 4003 dengan dua konektor. Dalam tahap ini hasil yang diambil dari pengukuran adalah nilai return loss dan insertion loss, dengan mengambil nilai return loss kita dapat mengetahui nilai VSWR dan dengan mengambil nilai insertion loss kita dapat mengetahui letak frekuensi kerja, frekuensi tengah, dan bandwidth. Hasil dari pengukuran filter tersebut dapat dilihat dalam gambar di bawah:

A return loss

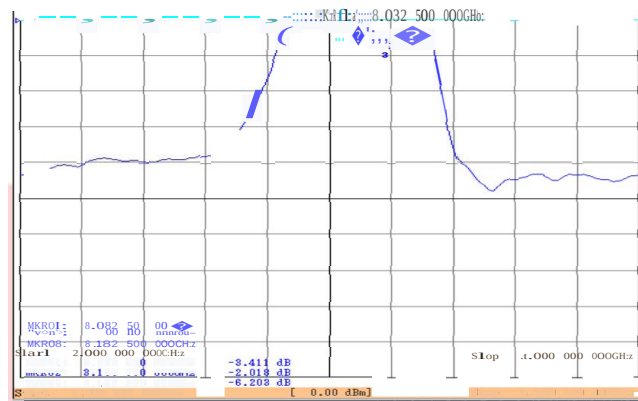


Gambar 9 Hasil pengukuran *Return Loss*

Dalam pengukuran kali ini didapatkan nilai return loss sebesar 20.277 dB. Nilai return loss ini berpengaruh terhadap nilai VSWR, semakin besar nilai return loss nya maka nilai VSWR nya akan semakin kecil, nilai VSWR

yang ideal adalah 1. Dari hasil pengukuran return loss ini didapatkan nilai VSWR sebesar 1.214499118 pada frekuensi 3100 MHz. Dari hasil ini maka nilai VSWR sudah sesuai dengan spesifikasi awal yang ditentukan. Walaupun nilai VSWR tersebut terpenuhi namun terdapat pergeseran nilai frekuensi tengah, pergeseran ini dipengaruhi oleh redaman bahan, pemilihan konektor, dan pemasangan konektor pada PCB

B insertion loss



Gambar 10 Hasil pengukuran Insertion Loss

Dalam pengukuran insertion loss didapatkan nilai sebesar 2.018 pada frekuensi 3100 MHz. Yang artinya nilai dari frekuensi tengahnya bergeser, pergeseran frekuensi ini disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhinya seperti, nilai Q yang terdapat dalam data sheet belum dapat dipastikan apakah nilai tersebut sesuai atau tidak. Semakin besar nilai Q nya maka nilai λ akan menjadi lebih pendek. Dalam hasil insertion loss juga dapat dilihat bahwa terjadi pelebaran pada bandwidth dan perubahan nilai insertion loss, yang hal ini disebabkan oleh adanya penurunan nilai faktor kualitas yang disebabkan oleh adanya nilai redaman pada PCB, redaman resonator, hal yang dapat mempengaruhi lainnya adalah dalam proses pabrikasi yang tidak dapat kita awasi proses pencetakannya. Dalam proses pabrikasi kemungkinan terdapat ketidak presisian jalur, ketidak presisian ini disebabkan oleh keterbatasan alat sehingga berpengaruh pada panjang, lebar, dan jarak antar resonator.

5.kesimpulan

Dalam perancangan *filter* diinginkan bekerja pada range frekuensi 2950-3050 MHz dengan frekuensi tengah 3000 MHz. Yang mempunyai *bandwidth* sebesar 100 MHz dan memiliki nilai *insertion loss* ≤ 2 dB serta nilai *return loss* sebesar ≥ 16 dB. Pada saat dilakukan simulasi mendapatkan hasil range 2960-3060 MHz dan memiliki frekuensi tengah sebesar 3009 MHz dengan nilai *insertion loss* 0.06158 dB dan *return loss* 19.27 dB dengan nilai *bandwidth* yang sama dengan perancangan. Sedangkan pada saat dilakukan pengukuran didapatkan hasil range frekuensi 3032.5-3182.5 MHz dengan frekuensi tengah 3100 MHz dengan nilai *bandwidth* yang melebar sebesar 50 MHz menjadi 150MHz dengan nilai *insertion loss* yang menjadi lebih besar yaitu 2.018 dB dan nilai *return loss* menjadi lebih baik yaitu 20.277dB.

Dari hasil perancangan, simulasi, pengukuran dan analisa dapat ditarik kesimpulan bahwa filter telah dapat direalisasikan walaupun dngan hasil yang berbeda dari spesifikasi alat yang ditentukan, dalam simulasi semua keadaan dianggap ideal namun dalam kenyataannya keadaan ini tidak ideal sehingga menyebabkan hasil tidak dapat dicapai dengan sempurna. Dalam tugas akhir ini masih terjadi pergeseran frekuensi, pelebaran bandwidth dan penurunan faktor kualitas.

Daftar pustaka

- [1] M. Wahab, Y. Wahyu, P. Adhi, . Y. P. Saputera, F. Y. Zulkifli and E. T. Raharjo, "Desain dan Implementasi Antena Generasi I untuk Litbang Konsorsium Radar," pp. 123-130, 2012.
- [2] D. K. Barton and S. A. Leonov, Radar Technology Encyclopedia, Boston London: Artech House, 1998.
- [3] M.I. Skolnik, 'Radar Handbook', McGraw-Hill, 1990
- [4] Bowick, Chris. RF Circuit Design, second edition, Newnes, 2007. 3
- [5] Hong, Jia-Seng, and M.J. Lancaster. 2001. *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. New York: Wiley and Sons.
- [6] David M. Pozard. "Microwave Engineering", Second Edition, John Wiley and sons, 2012.
- [7] Martin, Peter. "Designing Edge-coupled Microstrip Band-Pass Filters Using in Microwave Office. Australia