

Desain Dan Realisasi Bandpass Filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 Ghz

Parlaungan Nasution¹, Dr. Iwan Krisnadi², Dr. Ing. Agus Sofwan. M.Eng.Sc³

Program Magister Teknik Elektro, Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jl. Moch. Kahfi II No.RT.13, RT.13/RW.9, Srengseng Sawah, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12630

Email: parlaungantion@gmail.com, iwan.krisnadi.dr@gmail.com, asofwan@istn.ac.id

Abstrak

Fifth Generation yang biasa disebut dengan Teknologi 5G, merupakan teknologi lanjutan dari 4G. Teknologi 5G dianggap sebagai teknologi yang efektif untuk mendukung berlangsungnya era IoT dan juga industry 4.0. Standar jaringan nirkabel 5G telah berkembang menjadi teknologi teranggih saat ini. Beberapa yang telah mengadopsi teknologi 5G diantaranya Smart Cities, Internet of Things (IoT). Internet of Things (IoT) dan komunikasi Machine to Machine (M2M) dengan skala besar akan memanfaatkan sistem nirkabel 5G, sehingga akan ditentukan berbagai persyaratan pada jaringan perihal biaya peragkat, kehandalan, konsumsi energi, latensi, dan sebagainya. Perkembangan jaringan 5G didasari oleh teknologi New Radio (NR) yang dikembangkan oleh 3GPP sebagai pedoman bagi interface pada teknologi 5G.

Sistem jaringan 5G dibangun secara kuantitatif dengan parameter kinerja yang ditentukan oleh ITU-R pada teknologi 5G melalui IMT-2020. Pembangunan sistem jaringan 5G sesuai kebutuhan dan layanan masa depan.

Frekuensi mid-band yang akan diajukan untuk penggunaan frekuensi teknologi 5G adalah di 3,5 GHz, namun frekuensi ini juga digunakan oleh beberapa operator sistem komunikasi satelit di Indonesia. Berdasarkan hasil World Radio Congress 2019, Indonesia mendapatkan rentang frekuensi dari 3500 – 3600 MHz untuk IMT-Systems (termasuk teknologi 5G). Bahkan berdasarkan riset yang dilakukan oleh GSMA, sebagian besar negara-negara di kawasan Asia tenggara menggunakan rentang frekuensi 3400 – 3700 MHz untuk penggunaan sistem komunikasi satelit.

Pita Frekuensi 5G ujicoba adalah n78 (3GPP) yaitu 3400-3600 MHz, sedangkan Pita Frekuensi saat ini adalah FSS Ext C-band dan C-band yaitu 3400-4200

Hasil dari bandpass filter ini dapat meloloskan sinyal pada frekuensi 3,7- 4,2 GHz dan memiliki bandwidth sebesar 38 MHz, memiliki VSWR 1,28, insertion loss sebesar -3,76 dB dan return loss sebesar -28,293 dB

Kata Kunci: 5G, C Band, Bandpass filter

Abstract

Fifth Generation, commonly referred to as 5G Technology, is an advanced technology from 4G. 5G technology is considered an effective technology to support the ongoing IoT era and also industry 4.0. The 5G wireless network standard has evolved into the most advanced technology today. Some who have adopted 5G technology include Smart Cities, Internet of Things (IoT). Internet of Things (IoT) and Machine to Machine (M2M) communications on a large scale will utilize the 5G wireless system, so that various requirements will be determined on the network regarding device cost, reliability, energy consumption, latency, and so on. The development of 5G networks is based on New Radio (NR) technology developed by 3GPP as a guide for interfaces to 5G technology.

The 5G network system is built quantitatively with the performance parameters determined by ITU-R on 5G technology through IMT-2020. Development of 5G network systems according to future needs and services.

The mid-band frequency that will be proposed for the use of the 5G technology frequency is at

3.5 GHz, but this frequency is also used by several satellite communication system operators in Indonesia. Based on the results of the 2019 World Radio Congress, Indonesia received a frequency range of 3500 – 3600 MHz for IMT-Systems (including 5G technology). In fact, based on research conducted by the GSMA, most countries in the Southeast Asian region use the 3400 – 3700 MHz frequency range for the use of satellite communication systems.

The trial 5G Frequency Band is n78 (3GPP), namely 3400-3600 MHz, while the current Frequency Band is FSS Ext C-band and C-band, namely 3400-4200

The results of this bandpass filter can pass signals at a frequency of 3.7-4.2 GHz and has a bandwidth of 38 MHz, has a VSWR of 1.28, insertion loss of -3.76 dB and return loss of -

28.293 dB

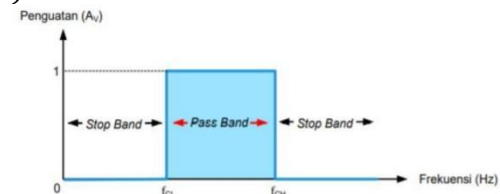
Keywords : 5G, C Band, Bandpass filter

1. Pendahuluan

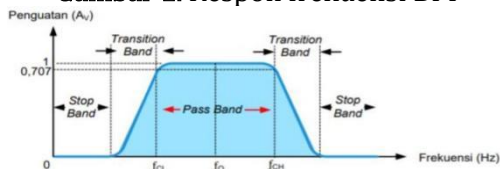
Filter merupakan blok yang penting dalam sistem komunikasi radio, karena filter menyaring dan melewatkan sinyal yang diinginkan dan meredam sinyal yang tidak diinginkan. Sebuah filter ideal adalah filter yang memberikan transmisi

sempurna atau rugi-rugi penyisipan untuk semua nilai frekuensi pada daerah pass band, group delay yang relatif konstan pada pass band, dan redaman yang tak berhingga pada daerah stopband (daerah frekuensi sinyal masukan yang diredam).

Filter akan secara selektif memilih frekuensi tertentu yang akan dilewatkan pada sistem dan memberikan attenuasi yang besar pada frekuensi yang tidak diinginkan. Pada Gambar 1 merupakan respon frekuensi dari filter passband yang sempurna, karena adanya komponen yang menyusunnya, maka pada filter sebenarnya frekuensi respon hampir mendekati sempurna (Gambar 2).



Gambar 1. Respon frekuensi BPF



Gambar 2. Respon frekuensi BPF

Selain itu pada filter elektronika terdapat istilah pelebaran sinyal yang berakibat tidak baik terhadap sinyal yang dikirimkan. Sinyal berdampak buruk tersebut terjadi karena adanya noise yang tercampur pada sinyal yang dikirimkan. Untuk mengantisipasi noise tersebut ada langkah yang dapat dilakukan ialah membuat serangkaian filter yang sesuai dengan koefisien - koefisien yang harus direncanakan terlebih dahulu.

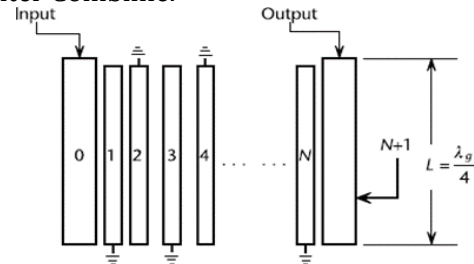
Metode Comblaine Cavity menawarkan solusi berupa peniadaan proses optimasi yang biasa dilakukan dengan bantuan software tertentu, dan digantikan dengan melakukan manual tuning yang lebih sederhana.

Pada perancangannya digunakan metode filter comblaine. Comblaine filter adalah filter yang mempunyai struktur tersusun rapi dengan setiap ujung resonator di hubungkan terhadap ground dan ujung lainnya terhadap kapasitansi. Filter Comblaine yang akan dirancang memiliki kelebihan yaitu mempunyai fitur tuner pada setiap resonatornya yang dapat diputar dan menyebabkan perubahan gap antara tuner dengan

resonator sehingga memberi keuntungan perihal selektifitas sinyal keluaran filter itu sendiri.

2. Band Pass Filter Comblaine

Comblaine filter adalah filter yang mempunyai struktur tersusun rapi dengan setiap ujung resonator di hubungkan terhadap ground dan ujung lainnya terhadap kapasitansi. Adapun gambar diagram susunan resonator pada filter Comblaine.



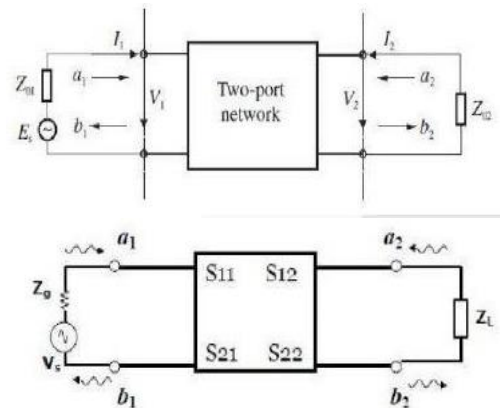
Gambar 3. Filter comblaine Slabline

3. Parameter Filter

Ada beberapa parameter penting yang digunakan dalam mengevaluasi kinerja dari suatu filter antara lain adalah *scattering parameter* (parameter S), *insertion loss*, *return loss*, dan *Q factor*:

3.1 Parameter S

Parameter-S digunakan untuk memperoleh karakteristik dari suatu jaringan dua port yang beroperasi pada frekuensi gelombang mikro. Parameter lain seperti H, Y, dan Z tidak bisa merepresentasikan jaringan dua port pada frekuensi gelombang mikro atau frekuensi tinggi karena tidak bisa diukur pada frekuensi tersebut dan tidak dapat menganalisis jaringan dua port secara rinci.



Gambar 4. Rangkaian Filter 2 Port

Rangkaian diatas merupakan rangkaian 2 (dua) port yang menunjukan gelombang datang/incident (a_1 dan a_2) dan gelombang pantul (b_1 dan b_2). Parameter S_{11} dan S_{22} merupakan nilai dari return loss, sedangkan S_{12} dan S_{21} merupakan nilai dari insertion loss. Persamaan linear yang menyatakan rangkaian dua terminal tersebut adalah.

$$b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2$$

$$b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2$$

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} | a_2 = 0$$

$$S_{12} = \frac{b_2}{a_2} | a_1 = 0$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} | a_1 = 0$$

3.2 Insertion Loss

Insertion loss merupakan rasio perbandingan antara daya yang dikirimkan ke beban sebelum *insertion loss* (PT) dengan daya yang diterima beban setelah *insertion loss* (PR) dalam *logaritmik decibel*. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$IL = 10 \log_{10} \left| \frac{P_T}{P_R} \right|$$

$$IL = 10 \log_{10} \frac{P_T}{P_R} = -20 \log_{10} |S_{21}| \text{ dB}$$

3.3 Return Loss

Return loss adalah kehilangan sejumlah daya yang dipantulkan kembali ke sumber yang diakibatkan karena gangguan transmisi atau rangkaian yang tidak matching . Return loss dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

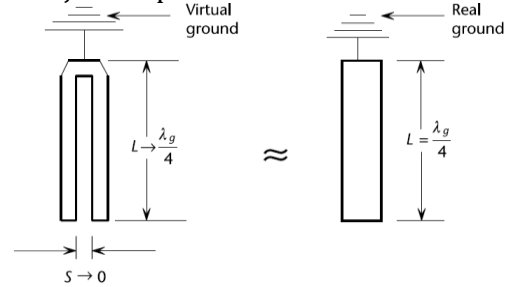
$$RL = 10 \log \frac{P_R}{P_T} = 10 \log \left(\frac{VSWR-1}{VSWR+1} \right)^2$$

3.4 Interdigital Filters

Filter interdigital adalah perangkat yang sangat populer dalam sistem gelombang mikro. Ini menawarkan kompromi yang sangat baik antara ukuran dan faktor Q resonator. Faktanya, ini adalah bentuk modifikasi dari filter hairpin. Asumsikan bahwa terdapat kopling tak terbatas di antara lengan resonator hairpin. Hasilnya, jarak antar lengan menjadi nol. Selain itu, karena seluruh panjang hairpins ama dengan setengah panjang gelombang, maka terjadi hubungan pendek virtual di tengah resonator. Gambar 5 menunjukkan bagaimana, dalam batas tertentu,

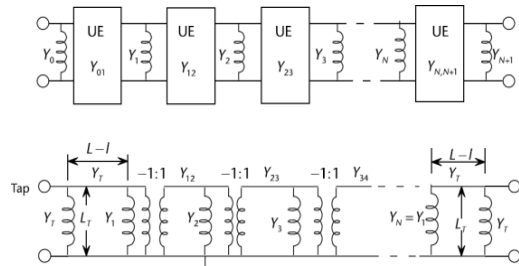
resonator garis hairpin berubah menjadi resonator seperempat panjang gelombang dengan salah satu ujungnya dibumikan. Hasilnya, filter menjadi hairpin.

Rangkaian ekivalen yang sesuai ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Filter Hairpin

Sedangkan rangkaian ekivalen yang sesuai ditunjukkan pada Gambar dibawah ini.



Gambar 6. Rangkaian ekivalen

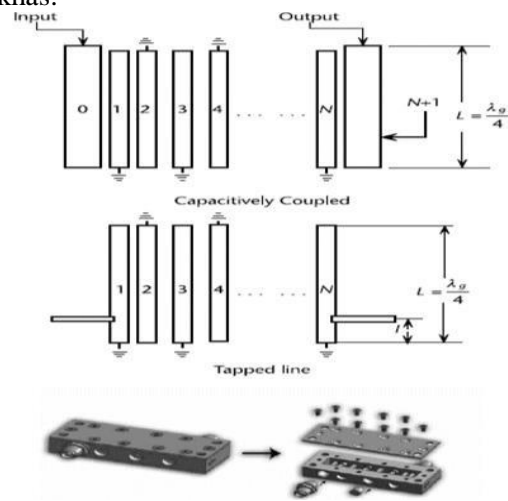
$$Y_T = Y_{11} - \frac{Y_{12}^2}{Y_{22}}$$

$$Y_1 = - \left(\frac{Y_{12}}{Y_{22}} \right) (Y_{22} - Y_{12})$$

$$Y_2 = Y_{22} - Y_{12} - Y_{23}$$

$$Y_3 = Y_{33} - Y_{23}$$

Sedangkan Gambar 7 menunjukkan perakitan mekanis filter interdigital yang khas.



Gambar 7. Perakitan mekanis filter

interdigital yang khas

Konfigurasi filter interdigital di atas adalah bentuk tradisional yang Dalam pendekatan modern, sebagian besar filter interdigital diwujudkan dengan semua resonator yang memiliki impedansi hampir sama. Pendekatan ini menghasilkan persamaan desain yang lebih sederhana dan realisasi yang mudah, terutama bila digunakan batang bundar. Selain itu, dalam banyak kasus, resonator yang disadap digunakan karena lokasi titik tap dapat disesuaikan dengan relatif mudah selama penyetelan pasca produksi.

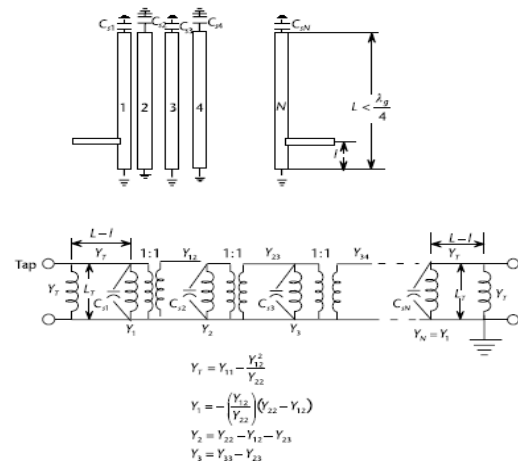
3.5 Capacitively Loaded Interdigital Filters

Keuntungan dari filter interdigital bermuatan kapasitif, ditunjukkan pada Gambar 6.30, adalah bahwa resonator di dalamnya bisa lebih pendek dari seperempat panjang gelombang, sehingga menghasilkan filter yang lebih kompak. Namun, kekompakan dicapai dengan mengorbankan faktor Q resonator tanpa beban yang lebih rendah dan karenanya menghasilkan kehilangan penyisipan pita sandi yang lebih tinggi dan pembulatan pita dalam respons frekuensi.

3.6 Comblin Filters

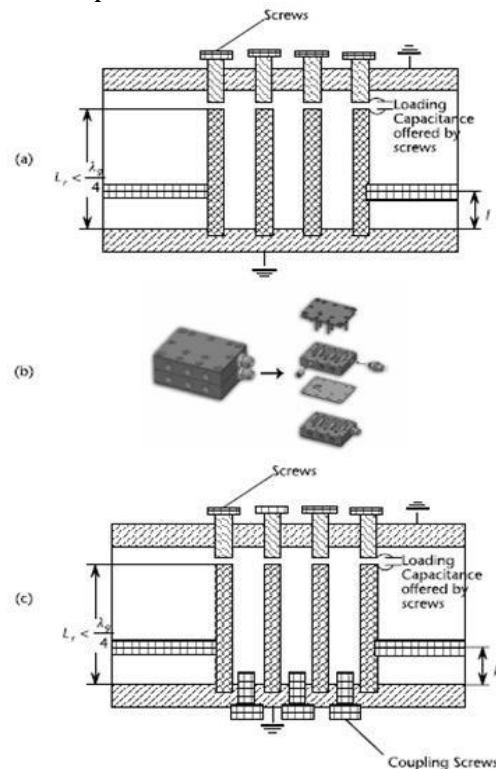
Filter comblin adalah komponen yang sangat populer digunakan dalam sistem gelombang mikro. Dia berukuran kompak dan menawarkan lebar stopband yang sangat lebar tergantung pada panjangnya saluran transmisi berpasangan yang digunakan. Namun kelebihan dari filter comblin diperoleh dengan mengorbankan peningkatan kehilangan penyisipan pita sandi. Sebuah bermuatan kapasitif filter interdigital dan filter kombinasi memiliki sifat yang hampir sama. Tapi berbeda dalam filter interdigital.

Semua saluran transmisi dibumikan pada sisi yang sama, seperti ditunjukkan pada Gambar 8 yang sesuai dari sudut pandang manufaktur.



Gambar 8. Digaram Skematik Comblin Filter dan Rangkaian Ekuivalen comblin filter

Sedangkan Gambar 9 (a) menunjukkan skema praktis dan Gambar 9 (b) menunjukkan tampilan 3-D dari a filter gabungan orde keempat dengan penutup atas dilepas.

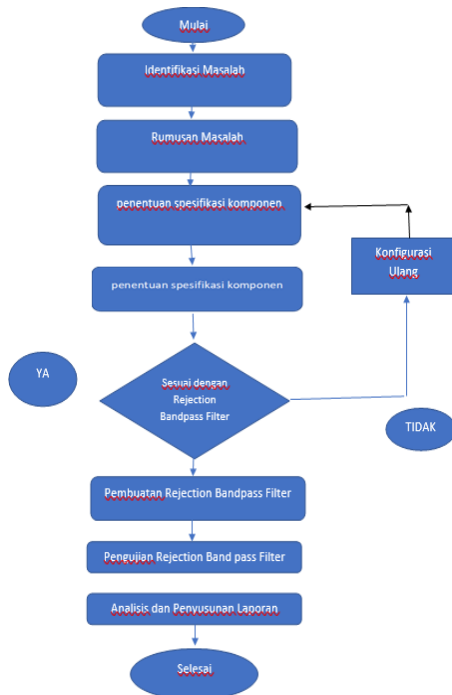


Gambar 9. (a) Skema Praktis , (b) Tampilan 3-D dari a filter

4. Perancangan dan Realisasi

4.1 Perancangan Sistem

Secara umum tahap perancangan dan implementasi sistem dijelaskan pada diagram alir system sebagai berikut :



Gambar 10. Diagram Tahap Perancangan dan Implementasi Sistem

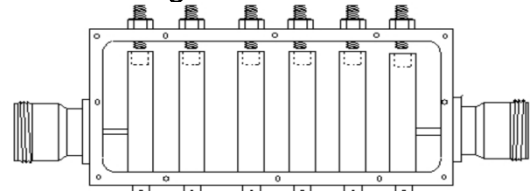
Tahapan dalam perancangan Rejection bandpass filter antara lain adalah penentuan spesifikasi komponen yang akan digunakan, penentuan simulasi perancangan Rejection bandpass filter. Setelah menentukan perancangan dan simulasi tersebut, akan dilakukan perakitan, pengukuran dan implementasi Rejection bandpass filter tersebut.

4.2 Penentuan Spesifikasi Filter

Dalam perancangan filter langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan spesifikasi yang meliputi frekuensi tengah, *Bandwidth*, *Insetion Loss*, serta *Return Loss*, adapun spesifikasi yang akan digunakan *band pass filter*.

| Parameter | Spesifikasi |
|-------------------|---------------|
| Frekuensi Tengah | 3,950 GHz |
| Rentang Frekuensi | 3,7 - 4,2 GHz |
| Return Loss | <-16 dBm |
| VSWR | 1,00 dB |
| Insertion Loss | <0,85 dB |
| Group Delay | 10 s |

4.3 Perancangan Filter



Gambar 11. Bandpass filter Comblin dalam bentuk slabline atau batang silinder

Gambar 11 menunjukkan bandpass filter Comblin dalam bentuk slabline atau batang silinder. Resonator filter ini terdiri atas elemen-elemen saluran transmisi (transmission line) yang dihubung singkat pada salah satu ujungnya dan dipasang kapasitor terdistribusi di antara ujung lainnya dengan ground.

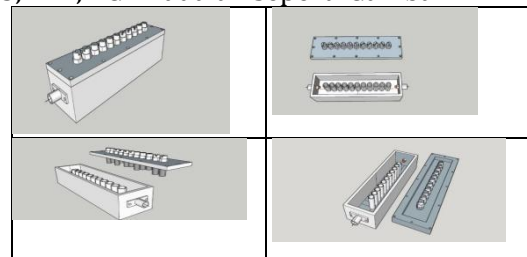
Adapun jarak antara resonator adalah sebagai berikut

- S[1-2] : 0.54 mm
- S[2-3] : 0.6 mm
- S[3-4] : 0.62 mm
- S[4-5] : 0.62 mm
- S[5-6] : 0.62 mm
- S[6-7] : 0.62 mm
- S[7-8] : 0.62 mm
- S[8-9] : 0.62 mm
- S[9-10] : 0.6 mm
- S[10-11] : 0.54 mm

4.4 Gambar Desain Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz

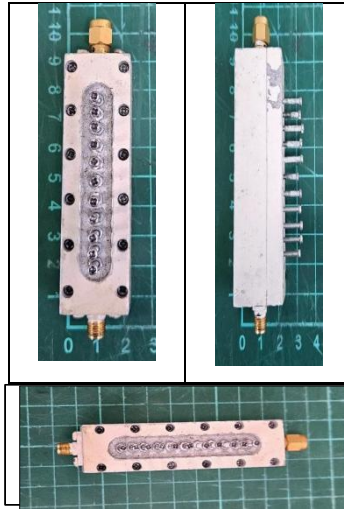
Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz dirancang dan desain menggunakan program sketchup 2023

Adaapun desakn Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz adalah seperti Gambar 12.



Gambar 12. Desain Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz

Sedangkan bentuk fisik setelah fabrikasi adalah seperti Gambar 13.



Gambar 13. Bentuk fisik setelah fabrikasi Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz

5. Pengujian dan Analisis

5.1 Pengukuran Filter Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz

Pengukuran Filter Proses pengukuran dilakukan pada parameter S yaitu S11 dan S21 dimana dapat menunjukkan nilai dari parameter yang telah ditentukan, insertion loss, return loss, dan rejection serta bandwidth. Pengukuran dilakukan menggunakan alat Network Analyzer Advantest / R3767CG, SN : 130601218 seperti pada Gambar A.

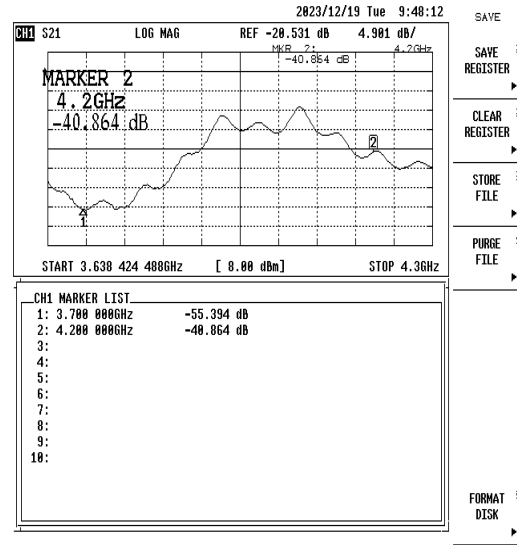


Gambar 14. Pengukuran Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz

Gambar 14. Pengujian Parameter Frekuensi Kerja

Pengukuran Frekuensi Kerja Bandpass

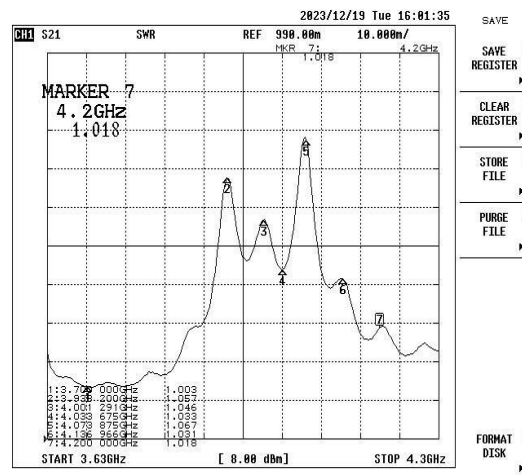
filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz



Gambar 15. Hasil Pengukuran Frekuensi Kerja

| Frekuensi Kerja | M1 ~ M2 |
|-----------------|-------------------|
| | 3,7 GHz ~ 4,1 GHz |

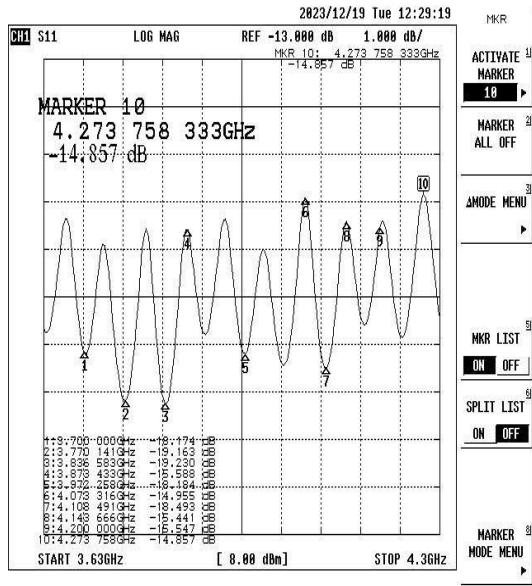
Pengukuran VSWR Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz



Gambar 16. Hasil Pengukuran Parameter VSWR

| Pengujian | Hasil Ukur |
|-----------|------------|
| VSWR | 1,003 |

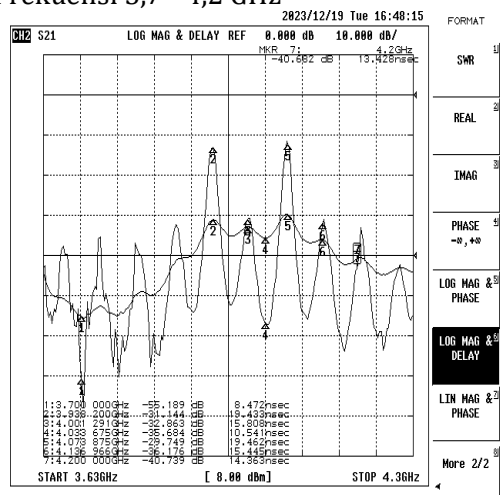
Pengukuran return loss (S11) Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz



Gambar 17. Hasil Pengukuran parameter Return Loss

| Parameter Pengujian | Hasil Pengujian |
|---------------------|-----------------|
| Insertion Loss | -29,176 dB |

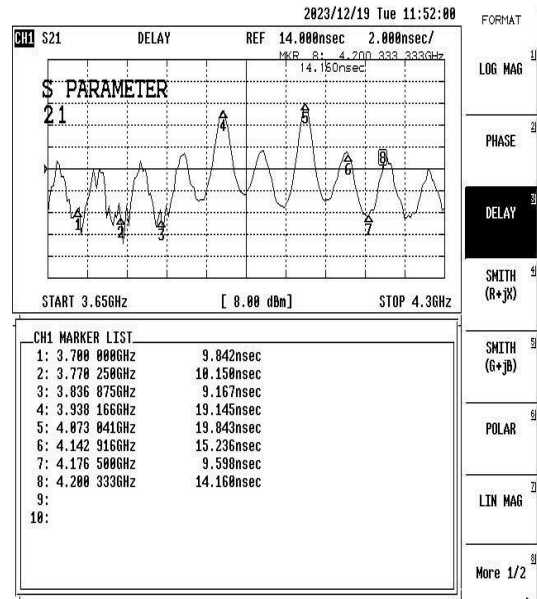
Pengukuran Insertion Loss Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz



Gambar 18. Hasil pengukuran Insertion Loss

| Parameter Pengujian | Hasil Pengujian |
|---------------------|-----------------|
| Insertion Loss | -29,176 dB |

Pengukuran Parameter Group Delay Bandpass filter 5G Rejection Bandpass Filter Pada Frekuensi 3,7 - 4,2 GHz



Gambar 19. Hasil Pengukuran Group Delay Adapun Hasil pengujian Group Delay

| Parameter Pengujian | Hasil Pengujian |
|---------------------|-----------------|
| Group Delay | 19,843 ns |

Perbandingan antara spesifikasi dan hasil pengujian

| Parameter | Spesifikasi | Hasil Pengujian |
|-------------------|---------------|-------------------|
| Frekuensi Tengah | 3,950 GHz | 3,950 GHz |
| Rentang Frekuensi | 3,7 - 4,2 GHz | 3,7 GHz ~ 4,2 GHz |
| Return Loss | <-16 dBm | -19,163 dB |
| VSWR | 1,00 dB | 1,003 dB |
| Insertion Loss | <0,85 dB | -29,176 dB |
| Group Delay | 10 s | 19,843 ns |

Bedasarkan data yang dihasilkan dari perbandingan antara rancangan awal dan pengukuran, terdapat perbedaan rancangan awal dan pengukuran. Perbedaan yang timbul tersebut dapat disebabkan oleh banyak faktor. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh pada saat melakukan pengukuran. Faktor umum yang mempengaruhi saat pengukuran adalah sebagai berikut:

1. Suhu dan kelembapan udara, serta semua kondisi pada saat pengukuran tidak diperhitungkan pada pembuatan spesifikasi.
2. Proses fabrikasi yang kurang baik.
3. Proses setting pada resonator kurang presisi karena menggunakan secara manual.
4. Adanya losses kabel koaksial pada network analyzer pada saat pengukuran.
5. Proses pembuatan yang kurang sempurna.

6. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, realisasi dan pengukuran dari penelitian tersebut, kesimpulan yang didapat adalah filter dapat memenuhi semua parameter spesifikasi yang diinginkan, tetapi pada proses realisasi setelah dilakukan dengan setting pada tiap-tiap resonator agar sesuai dengan spesifikasi dan dapat memenuhi spesifikasi dan mendapatkan hasil yang memuaskan.

Pustaka

Pierre Jarry Jacques Beneat, Advanced Design Techniques And Realizations Of Microwave And Rf Filter “, by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved 1978 . 2008.

Protap Pramanick, Prakash Bhartia, “Modern RF and Microwave Filter Design”, Artech House 685 Canton Street Norwood, MA 02760. 2016.

Jia-Sheng Hong, M. J. Lancaster, “Microstrip Filters for RF/Microwave Applications” John Wiley & Sons, Inc. 2001.

Richard J. Cameron, Chandra. Kudsia, Raafat R. Mansour, “ Microwave Filters for Communication Systems Fundamentals, Design, and Applications”. JohnWiley & Sons, Inc. 2007.

Les Thede, “Practical Analog and Digital Filter Design”, Artech House, Inc. 2004.