

Optimasi Lowpass Filter Mikrostrip Frekuensi 10,6 GHz dengan Metode Step-Impedansi

Fitri Farida*

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

¹Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100

*Corresponding Author: fitri.farida.fte@umrah.ac.id

Abstract—In the telecommunication process filter is a device that has the function to pass the desired frequency and eliminate / undermine the unwanted frequency. The filter low-pass filter (LPF) is a filter that passes signals with a frequency lower than a certain cutoff frequency and attenuates signals with frequencies higher than the cutoff frequency. The exact frequency response of the filter depends on the filter design. In this paper described the design of low pass filter using the approximation Chebychev with cutoff frequency used is 10.6 GHz because this frequency is the high cutoff frequency in ultra wideband applications. The filter is designed with microstrip technology using step-impedance design method, by combining high impedance microstrip and low impedance microstrip with a certain length. Then design of microstrip filter with step-impedance method and will be done optimization for filter have good characteristic. The filter design uses Roger substrate RT 5880 with dielectric constant (ϵ_r) = 2,2 with thickness (h) = 0.508. The result obtained in this research is the filter able to pass the lower frequency of cut-off frequency. The results of the filter design simulation have met the expected specification, the return loss value displayed both where the value is smaller than -10 dB and insertion loss value is smaller than -3 dB and has smaller dimensions.

Keywords— optimization, filter low-pass, chebyshev, step impedanssi, mikrostrip.

Intisari—Dalam proses telekomunikasi filter merupakan suatu perangkat transmisi yang memiliki fungsi untuk melewatkan frekuensi yang diinginkan dan menghilangkan/ melemahkan frekuensi yang tidak diinginkan. Filter low-pass (LPF) adalah filter yang melewatkan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cutoff tertentu dan melemahkan sinyal dengan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi cutoff. Respons frekuensi yang tepat dari filter tergantung pada desain filter. Pada artikel ini dijelaskan perancangan filter low-pass menggunakan aproksimasi Chebyshev dengan frekuensi cut-off yang digunakan yaitu 10.6 GHz karena frekuensi ini adalah frekuensi cut-off tinggi pada aplikasi ultra wideband. Filter didesain dengan teknologi mikrostrip yang menggunakan metode perancangan step-impedansi, yaitu dengan memadukan mikrostrip berimpedansi tinggi dan mikrostrip yang berimpedansi rendah dengan suatu panjang tertentu. Selanjutnya dilakukan perancangan filter mikrostrip dengan metode step-impedansi dan nantinya akan dilakukan optimasi agar filter memiliki karakteristik yang baik. Desain filter menggunakan substrat Roger RT 5880 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 2,2 dengan ketebalan (h) = 0.508. Hasil simulasi perancangan filter telah memenuhi spesifikasi yang diharapkan, yaitu nilai return loss yang ditampilkan baik dimana nilainya lebih kecil dari -10 dB dan nilai insertion loss lebih kecil dari -3 dB dan memiliki dimensi yang lebih kecil.

Kata kunci— optimasi, filter low-pass, chebyshev, step impedanssi, mikrostrip

I. PENDAHULUAN

Dalam sistem telekomunikasi, filter memiliki peran yang sangat penting dalam proses pengiriman data. Filter merupakan sebuah rangkaian yang dirancang untuk melewatkan sinyal dengan rentang frekuensi tertentu dan meredam sinyal dengan frekuensi diluar frekuensi tersebut. Filter memiliki peran penting dalam banyak aplikasi RF atau microwave. Filter digunakan untuk memisahkan atau menggabungkan frekuensi yang berbeda. Spektrum pita frekuensi elektromagnetik yang terbatas dan harus dibagi untuk kebutuhan komunikasi yang berbeda – beda. Filter ini digunakan untuk memilih atau membatasi RF atau microwave sinyal dalam batas-batas yang telah ditetapkan, dengan kata lain filter berfungsi untuk melewatkan prekuensi yang diinginkan dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan [1].

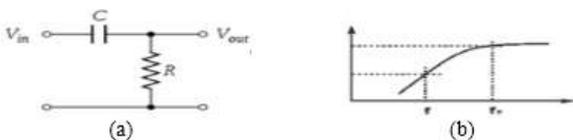
A. Macam – Macam Filter [2]

1) Filter Lowpass : *Filter Lowpass* filter yang hanya melewatkan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off (f_c). Diatas frekuensi tersebut sinyal akan diredam. Rangkaian Equivalen dan Respon frekuensinya pada Gambar 1.

2) Filter Highpass : *Filter Highpass* adalah filter yang hanya melewatkan frekuensi diatas frekuensi cut-off (f_c). Dibawah frekuensi tersebut sinyal akan diredam. Rangkaian Equivalen dan Respon frekuensinya pada Gambar 2.



Gambar 1. (a) Rangkaian Equivalen Lowpass Filter
(b) Respon Frekuensi Lowpass Filter

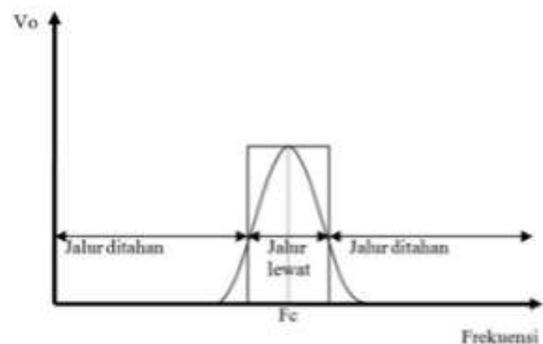


Gambar 2. (a) Rangkaian Equivalen Highpass Filter

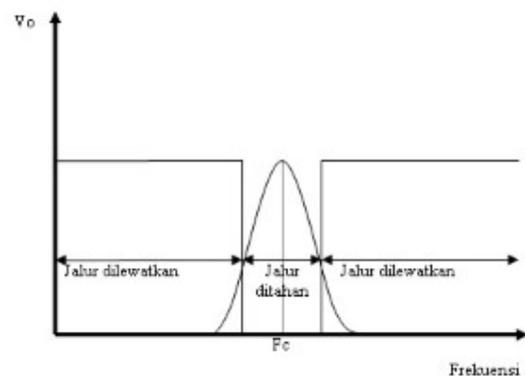
(b) Respon Frekuensi Highpass Filter

3) Filter Bandpass : *Bandpass filter* merupakan filter yang dapat melewatkan rentang frekuensi tertentu diantara frekuensi cut-off pertama dan frekuensi cut-off kedua. Diluar frekuensi tersebut sinyal akan diredam. Band Pass Filter merupakan penggabungan dari lowpass filter dan high pass filter. Daerah passband dibatasi oleh dua frekuensi tepi. Frekuensi tepi rendah menunjukkan batas frekuensi rendah dari suatu high pass filter dan frekuensi tepi yang sangat tinggi menunjukkan batas frekuensi tinggi dari suatu low pass filter. Bandpass filter menolak sinyal yang tidak diinginkan dan meningkatkan sistem kinerja.

4) Filter Stopband: *Bandstop Filter (BSF)* atau Band Reject Filter (BRF) merupakan kebalikan dari Bandpass yaitu filter yang menghilangkan frekuensi yang terletak diantara frekuensi cut-off (f_c), dan melewatkan sinyal dengan frekuensi diluar frekuensi cut off filter baik diatas atau dibawah frekuensi cutoff.



Gambar 3. Karakteristik Bandpass Filter

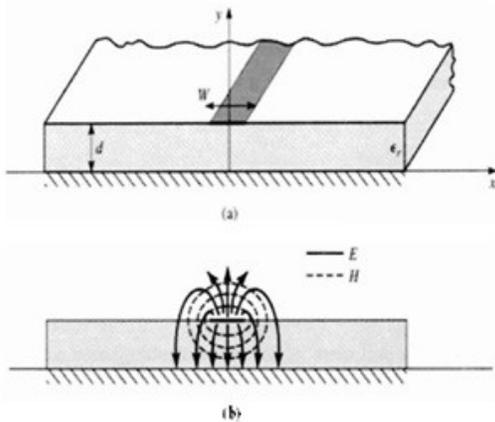


Gambar 4. Karakteristik Bandstop Filter

Aplikasi telekomunikasi yang ada saat ini memberikan batasan frekuensi yang sangat kritis, sehingga filter yang digunakan harus memiliki kinerja yang baik, ukuran yang kecil, ringan dan biaya produksi yang rendah. Sesuai dengan kriteria yang diinginkan tersebut maka perancangan filter dengan teknologi saluran transmisi mikrostrip sangat sesuai untuk digunakan [3]. Mikrostrip merupakan salah satu jenis planar transmisi line yang paling populer. Hal ini dikarenakan proses fabrikasinya mudah dan juga mudah terintegrasi dengan perangkat microwave pasif dan aktif yang lain. Saluran transmisi ini biasanya digunakan pada piranti yang bekerja pada daerah frekuensi gelombang mikro (orde GHz). Mikrostrip memiliki beberapa kelebihan sendiri dibandingkan dengan microwave lain transmisi seperti Waveguide, kabel koaksial, garis strip dan lain-lain. Adapun keuntungannya yaitu :

- (1) Fabrikasi lebih mudah untuk membuat sirkuit yang kompleks
- (2) Ukuran lebih kecil dan ringan
- (3) Memiliki bandwidth yang lebar
- (4) Memiliki keandalan yang baik
- (5) Reprodusibilitasnya tinggi

Bentuk fisik mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. (a) bentuk fisik (b) bentuk elektrik magnetic

B. Jenis Respon Frekuensi Filter [4]:

1) Respon Butterworth

Fungsi transfer amplitudo-squared untuk filter Butterworth yang memiliki insertion loss $L_{Ar} = 3.01\text{dB}$ pada frekuensi cut-off $\Omega_c = 1$ yang ditentukan oleh :

$$|S_{21}(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1+\Omega^{2n}} \quad (1)$$

dimana n adalah derajat atau urutan dari filter, yang sesuai dengan jumlah reaktif elemen yang dibutuhkan dalam lowpass filter prototipe. Jenis respon ini disebut juga sebagai maximally flat karena pada transfer amplitude squared kuadratnya didefinisikan pada (2.1) memiliki jumlah maksimum $(2n-1)$ zero derivative pada $\Omega = 0$. Maka pendekatan Butterworth filter lowpass ideal dalam passband yang terbaik di $\Omega = 0$, tetapi akan memburuk pada frekuensi cut-off Ω_c .

2) Chebyshev Filter

Respon Chebyshev menunjukkan equal-ripple passband dan maksimal flat stopband. Memberikan ripple di passband, tetapi memiliki kecepatan redaman (Roll-off) lebih curam setelah cut-off frekuensi. Untuk orde yang diberikan, semakin tinggi ripple pass-band, semakin curam pula kecepatan redaman filter. Dengan meningkatnya orde filter, pengaruh dari magnitude ripple pada daerah redaman filter akan berkurang.

$$|S_{21}(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1+\epsilon^2 T_n^2(\Omega)} \quad (2)$$

Urutan perancangan LPF Chebychev :

- (1) Menentukan spesifikasi LPF yang diinginkan, yaitu spesifikasi resistensi sumber (R_s), resistensi beban (R_L), ripple yang diperbolehkan (dB), frekuensi cut off (ω_c) dan redaman (A_s), bila $\omega_c \neq 1$ rad/s maka normalisasikan harga ω_c dan ω_s dengan referensi $\omega_c = 1$.
- (2) Setelah dinormalisasikan, disesuaikan harga ω_c dan ω_s dengan melihat grafik respon frekuensi LPF Chebychev ternormalisasi.
- (3) Memilih orde filter (N) yang sesuai dengan spesifikasi filter (orde filter diperoleh

dengan pembulatan ke atas).

- (4) Dengan harga N selanjutnya ditentukan rangkaian yang digunakan berdasarkan spesifikasi filter dengan merujuk pada 92able LPF Chebychev Normalisasi.

3) *Bessel Respon*

Merupakan respon filter yang memiliki koefisien delay yang relatif tetap, pada daerah pass band. Filter memiliki respon fase yang linear melalui rentang frekuensi yang lebar, yang menghasilkan waktu tunda yang rata (Constant- group delay). Bessel juga menghasilkan sifat transmisi gelombang kotak. Bagaimanapun, gain passband pada Bessel tidak serata seperti butterworth, dan transisi dari passband ke stopband tidak setajam pada filter Chebyshev. Redaman pada frekuensi cut-off filter ini sebesar -3dB.

4) *Gaussian Respon*

Fungsi transfer ini memiliki group delay dengan kemungkinan jumlah zero derivative berkenaan dengan Ω pada $\Omega = 0$. Gaussian respon merupakan perkiraan oleh fungsi transfer. Fungsi transfer ini memiliki sebuah group delay yang maksimum kemungkinan nilai zero derivative dengan $\Omega = 0$. Filter Gaussian biasanya digunakan untuk mencapai sebuah flat group delay diatas lebar passband.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan simulasi filter lowpass dengan frekuensi cut-off (f_c) 10.6 GHz yang dirancang menggunakan pendekatan Chebychev orde 3, untuk selanjutnya dilakukan optimasi filter agar diperoleh nilai parameter yang diinginkan. Teknik perancangan menggunakan saluran transmisi mikrostrip dengan jenis substrate Rogger 5880 dengan ketebalan $h = 0.508$ mm dan $\epsilon_r = 2.2$.

II. DESAIN FILTER

A. *Perancangan Filter*

Ada beberapa tahapan perancangan filter ini diantaranya dengan penentuan spesifikasi substrate yang dipakai, penentuan parameter yang digunakan. Substrate yang akan dipakai

adalah Rogers RT 5880. Kemudian disimulasikan dengan menggunakan software CST Microwave Studio 2014. Tujuan disimulasikan ini adalah untuk mendesain dan mengetahui bagaimana karakteristik atau kinerja dari filter.

B. *Parameter Filter*

Ada 2 parameter utama dari filter yang menjadi acuan pada perhitungan dan simulasi dari sebuah filter yaitu magnitude respon dan phase respon (group delay). Parameter pada magnitude respon seperti :

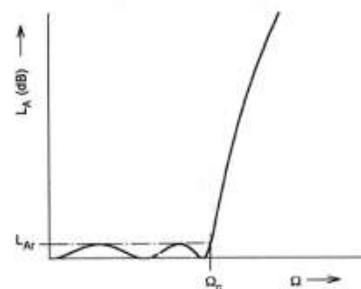
- 1) Frekuensi cutoff lowpass filter adalah 10.6 GHz
- 2) Insertion loss < -3 dB
- 3) Return loss bandwidth < -10 dB
- 4) Matching impedansi 50 Ohm

C. *Karakteristik Fiter*

Filter memiliki acuan karakteristik frekuensi yang disebut dengan frekuensi cut-off (f_c) yang merupakan batas frekuensi yang akan dilewatkan dengan frekuensi yang akan dilemahkan atau diredam. Pada lowpass filter frekuensi dibawah f_c akan dilewatkan, sedangkan diatas frekuensi f_c akan diredam.

D. *Metode Perancangan*

Metode yang digunakan untuk merancang lowpass ini adalah metode step-impedansi dan diaproksimasiakan menggunakan pendekatan chebyshev. Respon Chebyshev memberikan equal-ripple passband dan maksimal flat stopband. Semakin besar jumlah orde filter maka pengaruh dari magnitude ripple semakin berkurang.



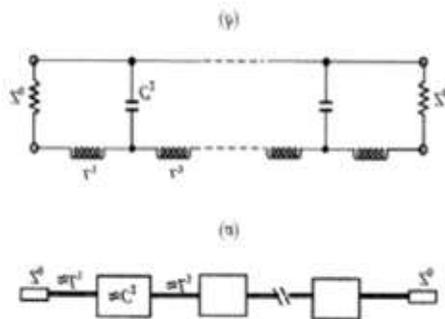
Gambar 6. Respon Chebyshev

Secara umum urutan perancangan filter lowpass chebychev pada penelitian ini adalah :

- 1) Menentukan spesifikasi filter lowpass.
- 2) Menentukan besaran impedansi
- 3) Menentukan ordo filter yang digunakan
- 4) Menentukan nilai tiap komponen

Adapun langkah awal perancangan filter lowpass yaitu menentukan nilai L dan C. Nilai L dan C ditentukan oleh impedansi gelombang dan panjang potongan mikrostrip. Nilai 50 ohm adalah nilai impedansi penyambung ke saluran konektor. Impedansi gelombang potongan yang lebar (ZoC) harus lebih kecil dari 50 ohm dan potongan yang sempit (ZoL) harus lebih besar dari 50 ohm. Pada penelitian ini digunakan nilai ZoC adalah 24 ohm dan ZoL nilainya 93 ohm.

Perancangan filter lowpass dengan menggunakan perubahan impedansi dari saluran transmisi mikrostrip. Hal ini mudah dilakukan dengan cara mengubah lebar dari strip saluran transmisi ini dengan suatu panjang tertentu dan menggabungkannya secara berbaris seperti yang ditunjukkan oleh gambar 7 [5]



Gambar 7.(a) Struktur filter low pass (b) rangkaian penggantinya

Pada perancangan ini digunakan aproksimasi Chebyshev dengan nilai tiap elemennya yaitu seperti terlihat pada table 1 [6].

Tabel 1. Nilai element untuk filter Chebyshev.

| n | g ₁ | g ₂ | g ₃ | g ₄ | g ₅ | g ₆ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0.3052 | 1.0 | | | | |
| 2 | 0.8431 | 0.6220 | 1.3554 | | | |
| 3 | 1.0316 | 1.1474 | 1.0316 | 1.0 | | |
| 4 | 1.1088 | 1.3062 | 1.7704 | 0.8181 | 1.3554 | |
| 5 | 1.1468 | 1.3712 | 1.9750 | 1.3712 | 1.1468 | 1.0 |

Nilai *cut-off* ternormalisasi $\Omega_c = 1.0$ serta menggunakan model L-C-L, filter yang terbentuk dari struktur impedansi tinggi-

rendah-tinggi. Selanjutnya menentukan nilai tiap komponen dengan persamaan.

Untuk nilai induktor ditentukan dengan persamaan berikut :

$$L1 = L3 = \left(\frac{Z_0}{g_0}\right) \left(\frac{\Omega c}{2\pi f_c}\right) g_1 \quad (3)$$

Nilai kapasitor menggunakan persamaan berikut :

$$C_2 = \left(\frac{g_0}{Z_0}\right) \left(\frac{\Omega}{2\pi f_c}\right) g_2 \quad (4)$$

Selanjutnya dihitung panjang gelombang efektif, untuk menentukan panjang dari masing-masing strip. Dengan pendekatan sederhana bahwa sebuah kapasitor dan induktor dapat dibuat dari potongan mikrostrip, maka panjang dari saluran transmisi dapat dihitung dengan persamaan.

Panjang mikrostrip untuk nilai induktor dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$lL = \frac{(c \times L1)}{(Z_0 l \times \sqrt{\epsilon_{eff}})} \quad (5)$$

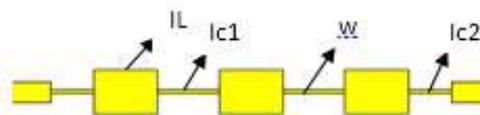
Sedangkan ukuran panjang mikrostrip untuk nilai kapasitor :

$$lC = \frac{(c \times Z_0 \times c \times C_2)}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (6)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Awal

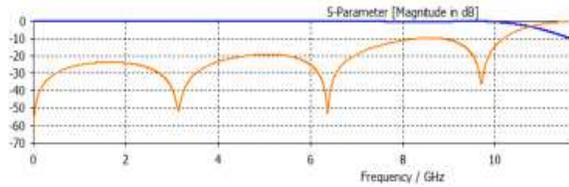
Pada perancangan awal digunakan aproksimasi chebychev orde 3 maka diperoleh dimensi awal sebagai berikut [7].



Gambar 8. Filter perancangan awal

Tabel 2. Konfigurasi Filter orde N = 3

| Simbol | Keterangan | Dimensi |
|--------|------------------------|---------|
| IL | Panjang patch 1, 2 & 3 | 3 mm |
| lc1 | Panjang line 2 & 3 | 2.0 mm |
| W | Lebar strip | 1 mm |
| lc2 | Panjang line 1 & 4 | mm |

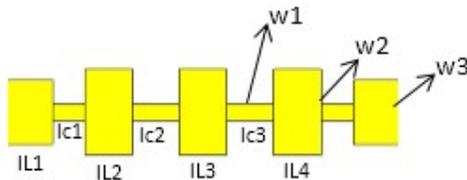


Gambar 9. Hasil simulasi S parameter

Dari hasil simulasi terlihat bahwa filter masih kurang maksimal melewati frekuensi nilai cut-off dan nilai return loss filter masih lebih besar dari -10 dB sehingga perlu dilakukan optimasi agar frekuensi yang dilewatkan oleh filter lowpass sesuai dengan frekuensi cut-off yang ditentukan yaitu 10.6 GHz dengan nilai insertion loss -10dB.

B. Optimasi Filter Mikrostrip

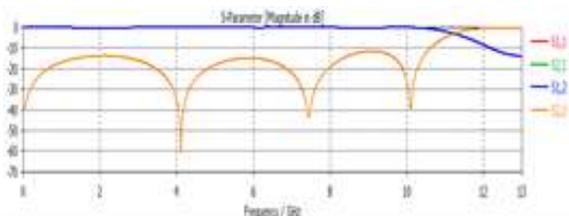
Tujuan optimasi filter adalah untuk mendapatkan karakterik filter yang ideal yaitu nilai return loss < -10 dB dan insertion loss < -3 dB. Optimasi karakteristik filter diperoleh dengan melakukan perubahan ukuran tiap dimensi. Maka diperoleh dimensi hasil optimasi yang ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Dimensi filter optimasi

Tabel 3. Dimensi filter optimasi

| Simbol | Keterangan | Dimensi |
|-------------------------|-----------------|---------|
| $lc1 = lc2 = lc3 = lc4$ | Panjang patch | 2.9 mm |
| $IL1 = IL3 = IL4$ | Panjang line | 2.0 mm |
| $w1$ | Lebar induktor | 1.05 mm |
| $w2$ | Lebar kapasitor | 5.3 mm |
| $w3$ | Lebar feeding | 4.0 mm |



Gambar 11. Hasil simulasi S parameter

Pada Gambar 11 dapat dilihat hasil simulasi menunjukkan bahwa filter memiliki performa yang lebih baik dari sebelumnya yaitu dapat melewati frekuensi dibawah nilai cut-off 10.6 GHz. Dengan nilai return loss yang ditampilkan baik dimana nilainya kurang dari -10 dB dan nilai insertion loss lebih kecil dari -3 dB. Maka dapat dikatakan bahwa hasil optimasi filter sukses karena telah mendapatkan karakteristik yang diharapkan.

IV. KESIMPULAN

Filter lowpass dengan teknik *step-impedance* memiliki kelebihan yaitu perancangan yang mudah secara teori rangkaian dan memberikan hasil yang akurat. Optimasi dari filter lowpass memberikan hasil yang lebih baik karena telah sesuai dengan karakteristik yang diharapkan, yaitu nilai return loss yang ditampilkan baik dimana nilainya <-10 dB dan nilai insertion loss <-3 dB. Optimasi filter dilakukan dengan cara merubah dimensi filter, sehingga didapatkan performa yang baik dari filter. Dimensi filter setelah optimasi juga lebih kecil dibandingkan dimensi sebelum dilakukan optimasi, ukuran panjang filter sebelum optimasi adalah 23.6 mm sedangkan setelah optimasi ukuran panjang filter menjadi 17.6 mm, sehingga berkurang 6 mm dari desain awal. Maka dapat disimpulkan bahwa optimasi ini dapat meminiaturisasi ukuran filter.

REFERENSI

[1] P. Hongmei, "Optimization design of UWB passive bandpass filter's standing wave ratio," in IEEE, -, 2009.

[2] F. Ulaby, Fundamental of Appied Electromagnetics, USA: Prentice Hall, 2001.

[3] V. N. Singh and P. S. Tomar, "Design and Analysis of Stepped Impedance Microstrip Fractal Lowpass Filter," International Journal of Electronics and Communication Engineering, vol. 5, pp. 603 - 607, 2012.

[4] W. Steve, Analog and Digital Filter Design, USA: Elsevier, 2002.

[5] D. Pozar, Microwave Engineering 3rd ed, New York: John Wiley & Sons, 2005.

- [6] S. Hong, *Microstrip Filter for RF/ Microwave Applications* 2nd ed, New York: John Wiley & Sons, 2011.
- [7] F. Farida and E. Setijadi, "Desain dan Analisis Lowpass Filter Mikrostrip dengan Metode Step-Impedansi," in *Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*, UMM Malang, 2015.