

## Perancangan Filter Bandpass dengan Teknik Penggabungan Filter Lowpass dan Highpass

Fitri Farida<sup>1,\*</sup>, Eko Setijadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

<sup>2</sup>Departemen Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus Sukolilo, Surabaya

<sup>1</sup>Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100

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

**Abstract**— In this paper designed bandpass filter which is applied for ultra wideband technology (3.1 GHz - 10.6 GHz). The designed bandpass filter is a combination of a lowpass filter (LPF) and a highpass filter (HPF). The lowpass filter has the characteristic of passing a frequency lower than its cut-off frequency. While the highpass filter has the characteristic of passing a frequency higher than its cut-off frequency. Considering the characteristics of both filters, the bandpass filter (BPF) is a combination of lowpass and highpass filters. In this study designed lowpass filter in microstrip technology with step-impedance method. As for designing HPF using the distribution method of short circuit stubs by adding via ground on each stub. The design of this filter uses Roger substrate RT 5880 with dielectric constant  $\epsilon_r = 2,2$  with thickness ( $h$ ) = 0.508 mm. In this research it can be concluded that bandpass filter can be designed with lowpass and highpass filter incorporation method, although at the merging of highpass and lowpass structures is disturbed by each other, but overall design shows matching bandpass.

**Keywords**—Microstrip, Lowpass Filter, Highpass Filter, Bandpass Filter.

**Intisari**—Pada penelitian ini dirancang bandpass filter yang diaplikasikan untuk teknologi ultra wideband (3.1 GHz – 10.6 GHz) . Filter bandpass yang dirancang merupakan penggabungan dari filter lowpass (LPF) dan filter highpass (HPF). Filter lowpass memiliki karakteristik melewatkan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off-nya. Sedangkan filter highpass memiliki karakteristik melewatkan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi cut-off-nya. Dengan mempertimbangkan karakteristik dari kedua filter ini maka dirancang filter bandpass (BPF) yang merupakan penggabungan dari filter lowpass dan highpass. Pada penelitian ini dirancang filter lowpass dalam teknologi mikrostrip dengan metode step-impedansi. Sedangkan untuk perancangan HPF menggunakan metode distribusi short circuit stubs dengan menambahkan via ground pada setiap stub. Perancangan filter ini menggunakan substrat Roger RT 5880 dengan konstanta dielektrik  $\epsilon_r = 2,2$  dengan ketebalan ( $h$ ) = 0.508 mm. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bandpass filter dapat dirancang dengan metode penggabungan lowpass dan highpass filter, meskipun pada penggabungan struktur highpass dan lowpass terganggu oleh satu sama lain, tetapi keseluruhan desain menunjukkan karakteristik bandpass yang baik.

**Kata kunci**—Mikrostrip, Filter Lowpass, Filter Highpass, Filter Bandpass.

### I. PENDAHULUAN

Ketersediaan konektivitas nirkabel saat ini sangat diperlukan masyarakat dalam proses pengiriman data. Untuk itu diperlukan teknologi

untuk mendukung data rate yang tinggi, dan frekuensi yang lebar. Teknologi itu disebut teknologi Ultra Wideband (UWB) yang saat ini masih terus dikembangkan. Teknologi UWB

mulai menjadi daya tarik dalam bidang penelitian sejak Federal Communications Commission (FCC) mengizinkan komunikasi ini digunakan untuk komunikasi komersial pada frekuensi (3,1GHz - 10,6 GHz). Ultra Wideband adalah salah satu teknologi yang menggunakan frekuensi. Teknologi ini diklasifikasikan sebagai teknologi Close Range Wireless dengan radius kerja kurang lebih 10 meter. Namun pada prakteknya seringkali terjadi gangguan akibat interferensi sinyal pengganggu yang tidak diinginkan dimana frekuensinya berdekatan atau sama dengan sinyal yang diinginkan. Untuk itu diperlukan rancangan filter untuk menghilangkan interferensi tersebut. Filter merupakan suatu perangkat transmisi yang memiliki fungsi untuk melewatkan frekuensi tertentu dengan meloloskan frekuensi yang diinginkan (passband) dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan (stopband). Frekuensi yang dilewatkan pada perangkat ini sesuai dengan jenis filter yang digunakan dengan karakteristik yang berbeda [1].

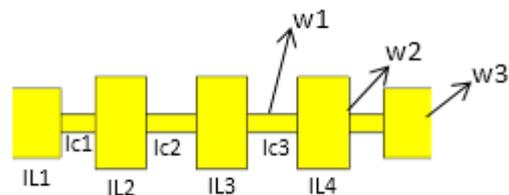
Dengan mempertimbangkan kelebihan dari transmisi mikrostrip yaitu kemudahan dalam perancangan dan dimensi yang lebih kecil serta kemudahan saat fabrikasi maka pada penelitian ini dilakukan perancangan bandpass filter dengan teknologi saluran transmisi mikrostrip [2]. Sebuah alternatif untuk merancang bandpass filter yaitu menggunakan penggabungan lowpass dan highpass filter. Pada artikel ini LPF dan HPF digabungkan sehingga rangkaian dapat menjadi rangkaian bandpass. Secara teori bahwa prinsip kerja HPF adalah melewatkan frekuensi di atas frekuensi cut-off dan meredam frekuensi di bawah cut-off, sedangkan LPF memiliki sifat melewatkan frekuensi di bawah frekuensi cut-off dan meredam frekuensi di atas frekuensi cut-off. Maka sesuai rentang frekuensi UWB yaitu 3.1 – 10.6 GHz maka pada LPF frekuensi cut-off adalah 10.6 GHz dan pada HPF frekuensi cut-off 3.1 GHz.

Pada perancangan LPF menggunakan metode step impedansi karena dalam perancangannya lebih mudah dan ukuran yang lebih kecil [3]. Rancangan HPF terdiri dari parallel short circuit stubs dengan penambahan via ground pada setiap stubs. Pada awalnya

dilakukan perancangan LPF, kemudian dirancang HPF, setelah dilakukan pengukuran pada masing – masing filter dan didapatkan karakteristik yang diinginkan maka selanjutnya dilakukan penggabungan antara HPF dan LPF. Jenis substrate yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis Rogers RT 5880 dengan nilai konstanta dielektrik  $\epsilon_r = 2,2$  dan  $h = 1,57$  mm

## II. LOWPASS FILTER

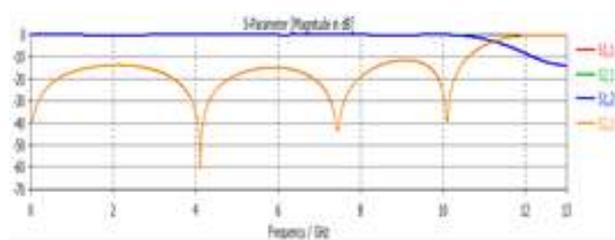
Pada penelitian sebelumnya telah dijelaskan mengenai metode dan desain dari LPF. Perancangan LPF menggunakan metode perubahan impedansi dari saluran transmisi mikrostrip. Pendekatan yang digunakan adalah aproksimasi Chebyshev orde 3 maka diperoleh dimensi setelah dioptimasi seperti ditunjukkan pada gambar 1 [4].



Gambar 1. Konfigurasi LPF

Tabel 1. Ukuran Filter LPF

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 2. Hasil simulasi S parameter LPF

Hasil simulasi menunjukkan bahwa filter memiliki performa yang baik yaitu dapat melewati frekuensi dibawah nilai cut-off 10.6 GHz. Dengan nilai return loss yang ditampilkan adalah kurang dari -10 dB dan nilai insertion loss lebih kecil dari -3 dB.

### III. HIGHPASS FILTER

Metode yang digunakan untuk merancang highpass ini adalah metode short circuit stubs. Optimum distribusi highpass filter terdiri dari parallel short circuit stubs pada electrical length  $\theta_c$  di frekuensi cutoff, sedangkan yang antar stubs memiliki electrical length  $2\theta_c$ .

Pada aplikasi HPF nilai electrical length didapat dari persamaan :

$$\theta = \theta_c \left( \frac{f}{f_c} \right) \quad (1)$$

Dalam mendesain HPF yang harus dipertimbangkan frekuensi cutoff  $f_c=3.1$  GHz dan ripple dalam passband sampai 10.6 GHz. Seperti pada gambar 2a electrical length  $\theta_c$  dapat ditentukan dengan persamaan [5]

$$\left( \frac{\pi}{\theta_c} - 1 \right) f_c = 10.6 \quad (2)$$

Maka didapatkan nilai  $\theta_c = 40.72^\circ$ , untuk menentukan nilai  $y$  pada tabel maka menggunakan rumus ekstrapolasi, dengan  $n=2$  dan  $\theta_c=40.72^\circ$

Maka didapatkan nilai tiap  $y$  untuk  $\theta_c = 40.72^\circ$ , yaitu :

$$y_1 = y_3 = 0.407$$

$$y_{1,2} = 1.0581$$

Selanjutnya menentukan nilai impedansi yang dapat ditentukan dengan persamaan (3) dan (4) dengan nilai impedansi  $Z_0$  biasanya adalah  $50 \Omega$  :

$$Z_i = Z_0 / Y_1 \quad (3)$$

$$Z_{i,i+1} = Z_0 / Z_{i,i+1} \quad (4)$$

dimana  $i = 1, 2, \dots, 6$

Dengan menggunakan persamaan diatas maka nilai tiap element adalah:

$$Z_1 = Z_3 = 122.85$$

$$Z_{1,2} = 47.25$$

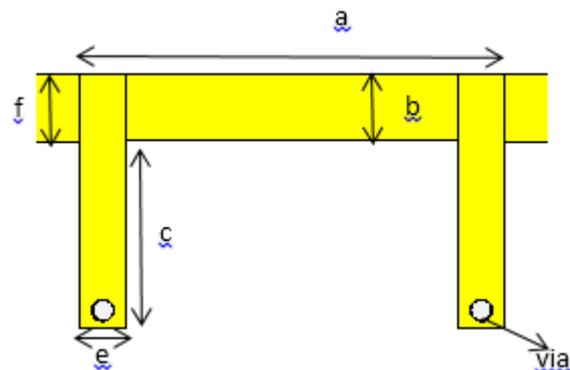
Panjang setiap stubs ditentukan dengan persamaan :

$$\theta_c = \beta \cdot l \quad (5)$$

$$\beta = 2\pi / \lambda_g \quad (6)$$

dimana  $\beta$  merupakan nilai konstanta propagasi.

Maka diperoleh dimensi HPF terlihat pada gambar 3



Gambar 3. Konfigurasi HPF

Tabel 2. Ukuran Filter HPF

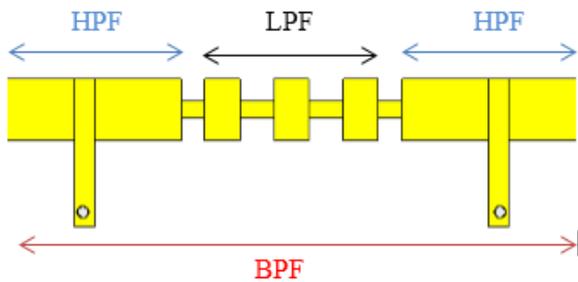
Simbol	Keterangan	Dimensi
<b>a</b>	Panjang line	14.9 mm
<b>b</b>	Lebar line	1.08 mm
<b>c</b>	Panjang stub	7.44 mm
<b>d</b>	Diameter via	1.0 mm
<b>e</b>	Lebar stub	4.0 mm
<b>f</b>	Lebar feeding	2.0 mm

### IV. BANDPASS FILTER

Setelah dilakukan perancangan LPF dan HPF yang telah sesuai dengan parameter filter yang diinginkan maka pada proses selanjutnya yaitu melakukan penggabungan LPF dan HPF agar diperoleh filter yang bekerja sebagai BPF.

Hasil simulasi penggabungan filter lowpass dan highpass ini tidak langsung memberikan hasil yang diinginkan karena saling terpengaruh

dimensinya. Untuk itu dilakukan optimasi agar hasilnya sesuai dengan karakteristik bandpass yang diinginkan. Pada gambar 4 dan 5 diperlihatkan konfigurasi filter simulasi dan filter hasil fabrikasi :



Gambar 4. Konfigurasi BPF



Gambar 5. Filter Fabrikasi

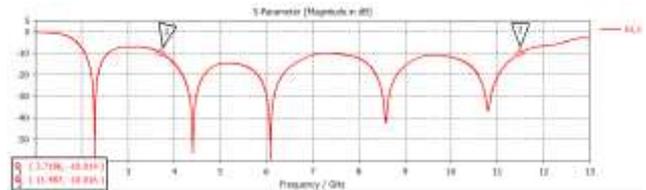
## A. Parameter S

### 1. Return Loss (S11)

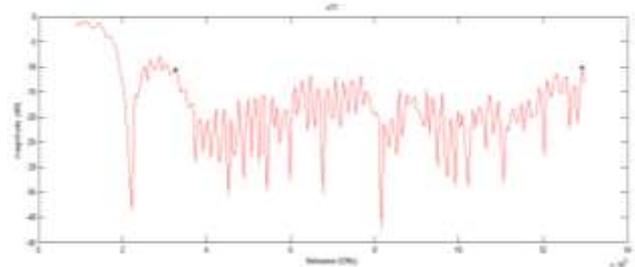
Nilai return loss yang ideal adalah -10 dB pada bandwidth yang diinginkan. Nilai -10 dB menjelaskan bahwa nilai daya yang dikirim maksimum dan daya yang direfleksikan minimum [6]. Selanjutnya dilakukan analisis hasil pengukuran filter yang telah difabrikasi dengan filter simulasi untuk melihat apakah hasil fabrikasi filter yang akan diaplikasikan pada perangkat yang sebenarnya telah sesuai dengan filter simulasi.

Pada Gambar 6 dan 7 menjelaskan bahwa hasil pengukuran mendekati simulasi. Grafik S11 memperlihatkan nilai return loss yang terjadi saat proses transmisi. Nilai return loss pada simulasi memiliki nilai -10 dB pada frekuensi 3,7 GHz – 11,4 GHz sedangkan pada pengukuran memiliki nilai dibawah -10dB pada rentang frekuensi 3,2 GHz – 12,3 GHz. Rentang frekuensi UWB

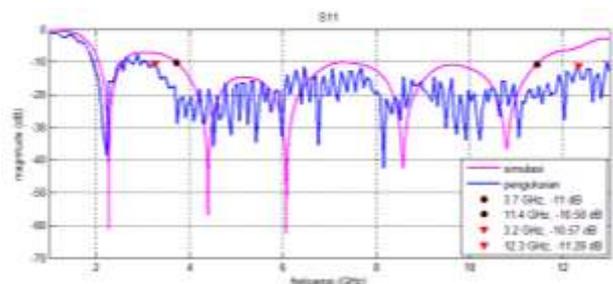
berada dalam rentang frekuensi ini. Selanjutnya pada Gambar 8 diperlihatkan perbandingan return loss hasil simulasi dan hasil pengukuran.



Gambar 6. Return Loss Simulasi



Gambar 7. Return Loss Fabrikasi



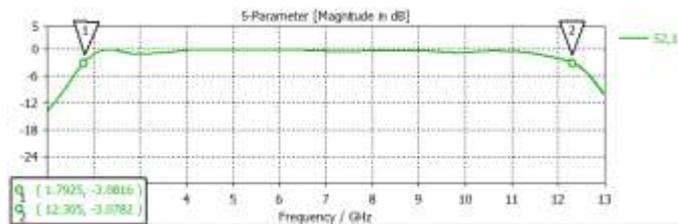
Gambar 8. Perbandingan Return Loss Simulasi dan Fabrikasi

### 2. Insertion loss (S21)

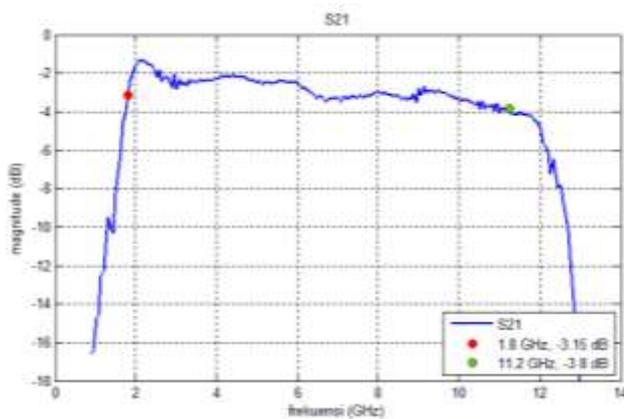
Insertion loss merupakan kehilangan daya akibat penyisipan perangkat diantara sumber dan beban. Filter yang memiliki nilai insertion loss mendekati nol dikatakan bahwa filter tersebut memiliki kerja yang baik. Titik acuan -3 dB dapat diartikan bahwa setengah dari daya yang diterima filter mampu ditransmisikan dengan baik. Grafik S21 merupakan grafik yang menunjukkan nilai insertion loss yang terjadi dari port 1 ke port 2.

Nilai insertion loss hasil simulasi dan hasil pengukuran filter fabrikasi serta

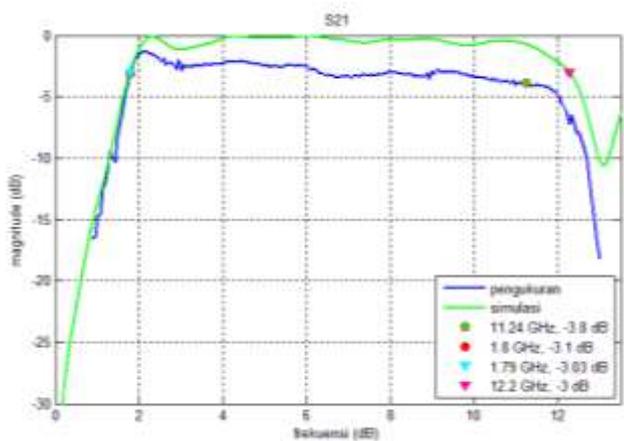
perbandingannya secara berurutan diperlihatkan pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 9. Insertion Loss Simulasi



Gambar 10. Insertion Loss Fabrikasi



Gambar 11. Perbandingan Insertion Loss Simulasi dan Fabrikasi

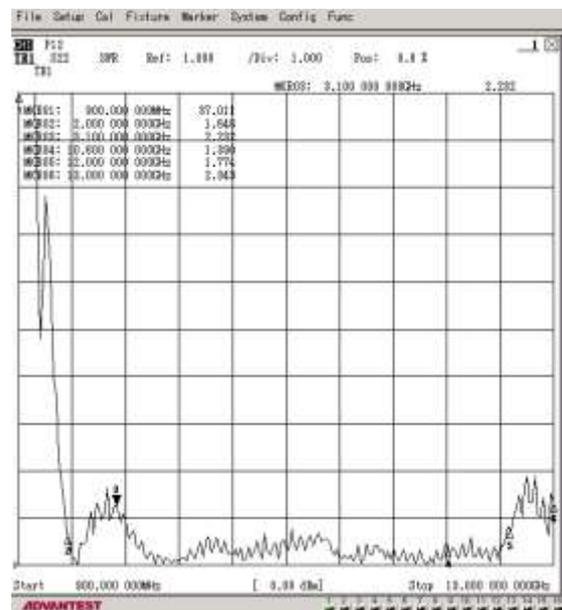
Terjadinya perbedaan antara hasil simulasi dan pengukuran dapat disebabkan oleh beberapa factor, diantaranya kurang presisinya hasil fabrikasi, konektor yang digunakan untuk filter fabrikasi kurang baik yaitu tidak mencapai 50Ω. Tetapi pada dasarnya hasil simulasi dan fabrikasi ada kesamaan dalam hal bentuk sinyal yang dihasilkan.

B. SWR ( Standing Wave Ratio)

Standing Wave Ratio merupakan suatu parameter yang harus diperhatikan saat merancang suatu rangkaian yang bekerja pada frekuensi tinggi, dimana SWR ini berkaitan dengan dengan kualitas dari sinyal yang diperoleh oleh beban [7].



Gambar 12. SWR S11



Gambar 13. SWR S22

Nilai ideal SWR yang baik adalah 1, dengan kata lain bahwa terjadi gelombang pantul yang seharusnya diterima oleh beban. Gelombang

pantul ini disebabkan oleh nilai impedansi antara sumber dengan beban tidak matching. Setidaknya nilai SWR yang diperoleh oleh rancangan filter bernilai 1 – 2. Pada Gambar 12 dan Gambar 13 diperlihatkan hasil pengukuran nilai SWR S11 yang diperoleh dari filter yang telah difabrikasi adalah baik, yaitu pada frekuensi 3,1 GHz adalah 1,87 dan pada frekuensi 10,6 GHz adalah 1,16. Dan untuk nilai SWR S22 pada frekuensi 3,1 GHz adalah 2,2 dan pada frekuensi 10.6 GHz adalah 1,39.dengan kata lain nilai SWR masih bernilai  $\leq 2$ .

C. *Group Delay*

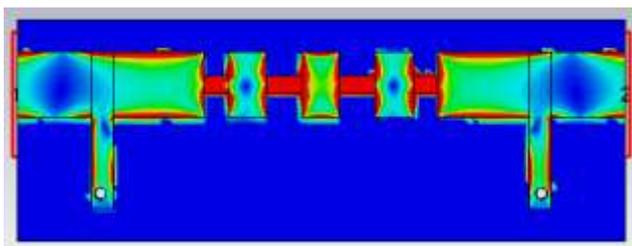
Group delay berfungsi sebagai ukuran linieritas dari respon fasa. Group delay yang konstan menunjukkan linieritas respon fasa. Group delay dari hasil pengukuran S11 dan S12 diperlihatkan pada Gambar 15 dan 16.

D. *Impedansi*

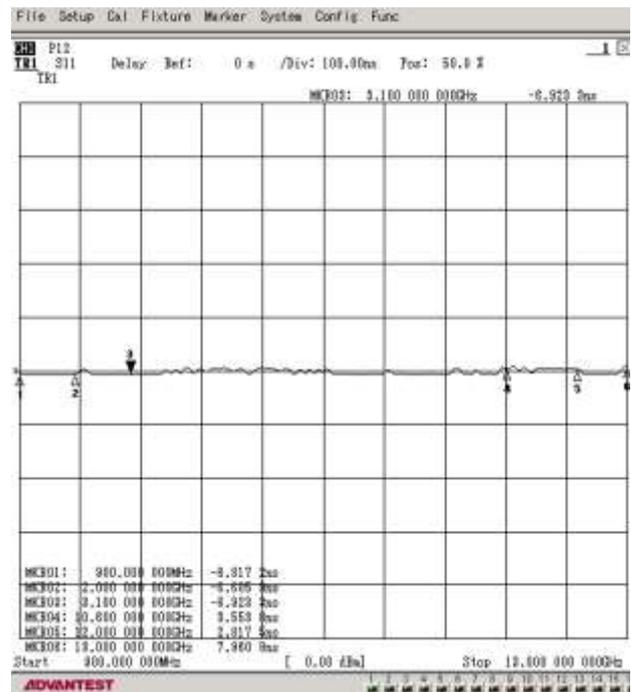
Nilai impedansi yang ideal pada sebuah rangkaian filter adalah  $50\Omega$ , namun pada kenyataannya sulit untuk mendapatkan impedansi yang ideal, salah satu faktor yang mempengaruhi impedansi ini adalah kualitas dari konektor yang dipasang pada rangkaian filter. Pada pada penelitian ini diperoleh nilai impedansi dari filter adalah  $55,7\Omega$  pada gambar 17. Nilai ini mendekati nilai impedansi yang ideal.

E. *Surface Current*

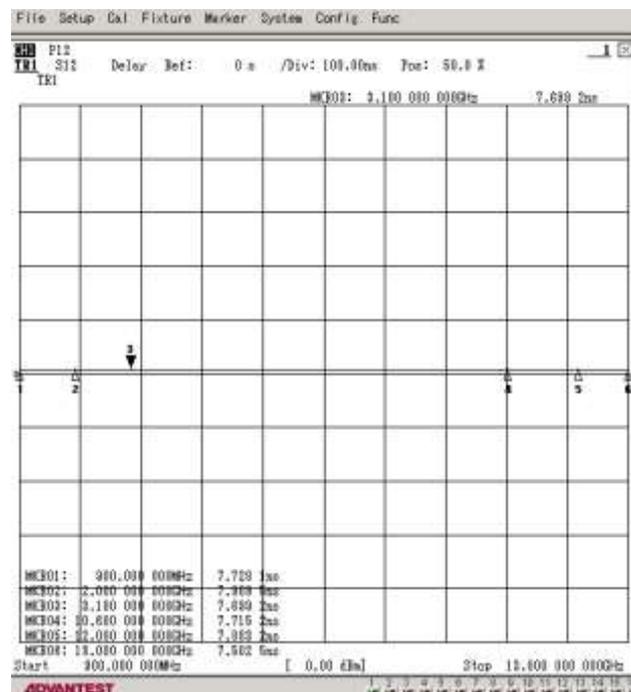
Distribusi arus pada BPF merata pada semua dimensi dialiri arus. Distribusi arus pada BPF ditampilkan pada gambar 14 :



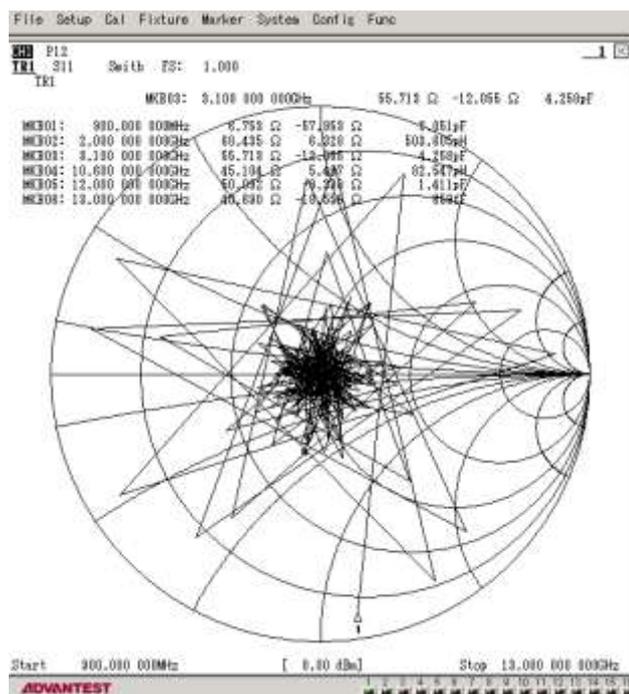
Gambar 14. Surface Current



Gambar 15. Group Delay S11



Gambar 16. Group Delay S12



Gambar 17. Impedansi Filter

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan pada artikel ini adalah filter bandpass (BPF) dapat dirancang dari penggabungan filter lowpass (LPF) dan highpass (HPF) sesuai dengan teorinya. Terdapat perbedaan tetapi tidak signifikan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran yang dapat terjadi akibat beberapa faktor, diantaranya kurang presisinya hasil fabrikasi dan konektor yang digunakan untuk filter fabrikasi kurang baik yaitu tidak mencapai  $50\Omega$ . Tetapi pada dasarnya hasil simulasi dan fabrikasi telah sesuai dengan parameter filter yang diinginkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Tim Peneliti yang telah bekerjasama dalam penelitian ini, dan kepada LIPI Bandung yang telah membantu pada proses pengukuran filter hasil fabrikasi.

## REFERENSI

- [1] P. Hongmei, "Optimization design of UWB passive bandpass filter's standing wave ratio," in *IEEE*, -, 2009.
- [2] S. Hong, *Microstrip Filter for RF/ Microwave Applications 2nd ed*, New York: John Wiley & Sons, 2011.
- [3] V. N. Singh dan 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] F. Farida, "Optimasi Filter Lowpass Frekuensi 10.6 GHz dengan Metode Step-Impedansi," *Sustainable*, vol. 6, no. 2, pp. 89 - 95, 2017.
- [5] P. Govind Singh Thakur, "Performance Analysis of High Pass Filter and Band Pass Filter Using DGS," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 4, no. 3, pp. 1-5, 2014.
- [6] F. Ulaby, *Fundamental of Appied Electromagnetics*, USA: Prentice Hall, 2001.
- [7] W. Steve, *Analog and Digital Filter Design*, USA: Elsevier, 2002.