

## PERANCANGAN DAN REALISASI BAND PASS FILTER FREKUENSI TENGAH 2.35 GHz DENGAN METODA PSEUDO-INTERDIGITAL

Suproborini Caturarum Mahayuningtyas<sup>1</sup>, Achmad Ali Muayyadi<sup>2</sup>, Enceng Sulaeman<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jln Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257, Indonesia

<sup>1</sup>suproborinicatorarum@gmail.com, <sup>2</sup>alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>enceng\_s@yahoo.com

### Abstrak

Filter merupakan suatu perangkat transmisi yang memiliki fungsi untuk melewatkan frekuensi tertentu dengan meloloskan frekuensi yang diinginkan (*bandpass*) dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan (*stopband*). Pada Tugas Akhir ini direalisasikan sebuah *Bandpass Filter* menggunakan metoda *Pseudo-Interdigital*, mikrostrip PCB jenis *Taconic RF 35*. Dipilihnya metoda *Pseudo-Interdigital* merupakan metoda yang baru dalam perancangan filter mikrostrip dan memiliki keunggulan yaitu kinerja *pseudo-interdigital* pada *bandpass filter* menunjukkan bahwa pada *transmission zero* dapat menolak sinyal yang tidak diinginkan dekat *passband*, sehingga dapat meningkatkan performansi filter tersebut. *Band Pass Filter* ini dapat bekerja pada frekuensi 2235-2315 MHz. dari hasil pengukuran diperoleh nilai sebagai berikut : frekuensi tengah sebesar 2275 MHz, *insertion loss* sebesar 0.6987982 dB, *bandwidth* ± 80 MHz dan *return loss* sebesar 16.5986 dB.

**Kata Kunci :** *Band Pass Filter, Pseudo-Interdigital*

### Abstract

*Filter is a transmission device that has a function to skip certain frequencies to pass the desired frequency (bandpass) and drown out the undesired frequencies (stopband). In this final assignment has realized Bandpass Filter using Interdigital Pseudo-method on PCB Taconic RF-35. Pseudo-Interdigital is a new method in the design of microstrip filter and has the advantage that the performance of pseudo-interdigital bandpass filter shows that the transmission zero can receive undesired signals near the passband, thereby increasing the the performance of the filter. Band Pass Filter can work at 2235-2315 MHz, Based on the measurement results obtained by value as follows: center frequency at 2275 MHz, insertion loss at 0.6987982 dB, bandwidth ± 80 MHz and return loss at 16.5986 dB. Keyword : Band Pass Filter, Pseudo-Interdigital*

### 1. Pendahuluan

Dewasa ini seiring dengan perkembangan komunikasi *wireless* terutama aplikasi *broadband* dan *multiband* pada komunikasi satelit atau *cellular*, diperlukan performansi penyaringan *bandpass* yang baik hal tersebut dilakukan untuk mencegah hasil *insertion loss* yang rendah dan selektivitas yang tinggi bersamaan dengan *phasa* yang linier pada *passband* [1][2][4]. Agar terpenuhinya kriteria tersebut dan untuk meringkas ukuran dan biaya, terdapat banyak metode *microstrip* filter yang telah dikembangkan contohnya adalah *Hairpin*, *Interdigital*, dan sebagainya.

Salah satu bagian dalam komunikasi *wireless* adalah LTE (*Long Term Evoution*), pada layanan LTE didukung suatu perangkat yang mampu menjaga kualitas sinyal dengan baik agar komunikasi menjadi lancar dan dapat dinikmati oleh pengguna [8]. Salah satu perangkat yang dapat mendukung teknologi LTE adalah filter. Filter adalah salah satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam sistem komunikasi *wireless*, seperti: komunikasi bergerak, komunikasi satelit, radar, navigasi, sistem gelombang mikro, *broadband wireless*, dan lain-lain [5].

Sebuah ukuran kecil dan selektivitas tinggi *microwave bandpass filter* secara luas digunakan untuk meningkatkan kinerja RF [3]. Dahulu, *microstrip bandpass filter* yang terkenal digunakan untuk sistem komunikasi karena memiliki keuntungan, seperti desain perencana, mudah untuk analisis, biaya yang lebih rendah dan sebagainya [6]. Untuk mengikuti pertumbuhan komunikasi *wireless* saat ini, maka pada Tugas Akhir ini dilakukan perancangan dan perealisasi BPF (*Band Pass Filter*) yaitu filter yang dapat melewatkan sinyal pada frekuensi 2.3 – 2.4 GHz untuk aplikasi LTE. BPF ini dirancang dengan menggunakan metode *Pseudo-Interdigital*.

*Pseudo-Interdigital* pada saluran transmisi planar memiliki keuntungan yang dapat diaplikasikan pada gelombang mikro. *Microstrip pseudo-interdigital filter* mirip dengan *bandpass filter* interdigital dengan merubah sedikit mengenai koneksi *short circuit (grounding)* [4].

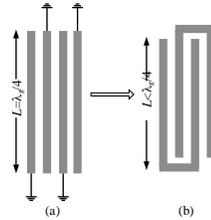
### 2. Dasar Teori

#### A. *Band pass filter*

*Band pass filter* merupakan rangkaian filter yang hanya memperbolehkan frekuensi dengan rentang (*band*) tertentu untuk dapat melewatinya, dengan memberi redaman yang sangat besar pada frekuensi yang terlalu tinggi dan terlalu rendah [2][7].

**B. Pseudo-interdigital**

*Pseudo-interdigital filter* adalah modifikasi dari resonator interdigital dengan menggabungkan dua resonator  $\lambda_g/4$  dan menghilangkan ground pada kedua resonator tersebut, sehingga resonator tersebut disebut sebagai resonator *pseudo-interdigital* [5].



**Gambar 1** Modifikasi resonator interdigital menjadi resonator pseudo-interdigital (a) interdigital; (b) *pseudo-interdigital*

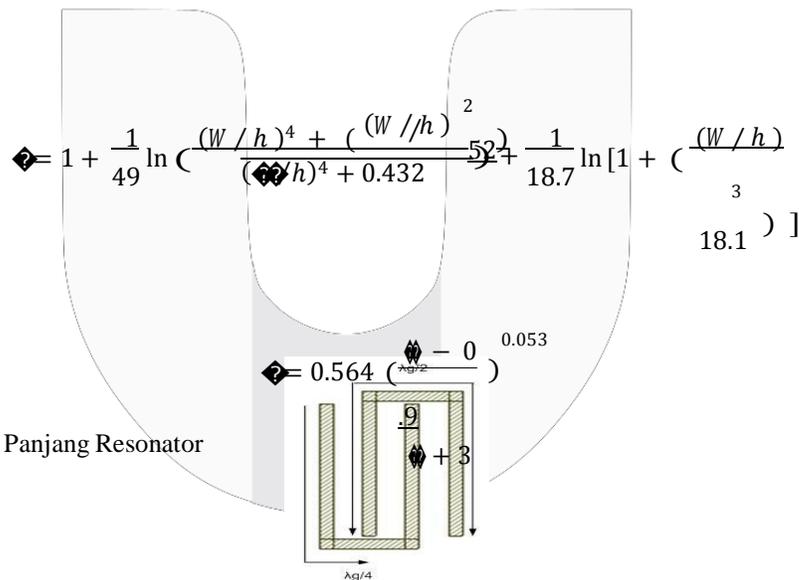
**C. Perhitungan Band pass filter dengan metoda Pseudo-Interdigital**

1. Menentukan Konstanta Dielektrik Efektif ( $\epsilon_e$ )

Perhitungan konstanta dielektrik untuk saluran resonator yang memiliki impedansi saluran ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\epsilon_e = \frac{a + 1}{2} + \frac{a - 1}{2} \left( 1 + \frac{10}{\pi \frac{W}{h}} \right)^{-0.4941}$$

Dimana nilai (a) dan (b) yaitu :



2. Menentukan Panjang Resonator

Menentukan panjang resonator yang digunakan pada metode *Pseudo-Interdigital* adalah  $\lambda_g/4$ . Seperti yang dilihat pada gambar ini, panjang resonator untuk sepenuhnya adalah  $\lambda_g/2$  dan setengahnya adalah  $\lambda_g/4$ .

**Gambar 2** Panjang resonator *Pseudo-Interdigital*

- A. Frekuensi Tengah : \_\_\_\_\_
- B. Panjang saluran resonator : \_\_\_\_\_
- C. panjang resonator sepenuhnya : \_\_\_\_\_

$$a = \sqrt{b \times c}$$

$$a = \frac{b}{\sqrt{c}}$$

$$\frac{a}{2}$$

3. Menentukan Lebar Saluran Catu ( $W_0$ )

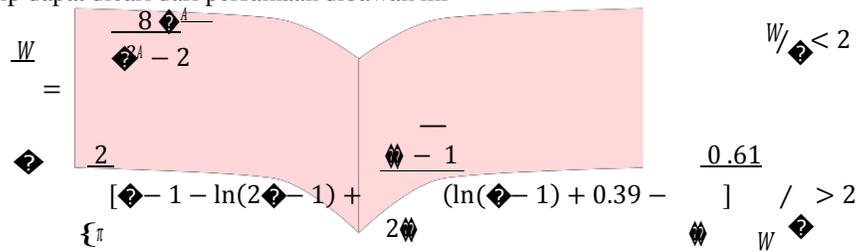
D. Untuk menentukan lebar saluran catu dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini mendapatkan nilai A.

$$A = \frac{W}{60} \sqrt{\frac{W}{h} + 1} + \frac{W - 1}{W + 1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{W} \right)$$

E. Lalu cari nilai  $\frac{W}{h}$

$$\frac{W}{h} = 8$$

F. Lebar strip dapat dicari dari persamaan dibawah ini  $h = W^4 - 2$

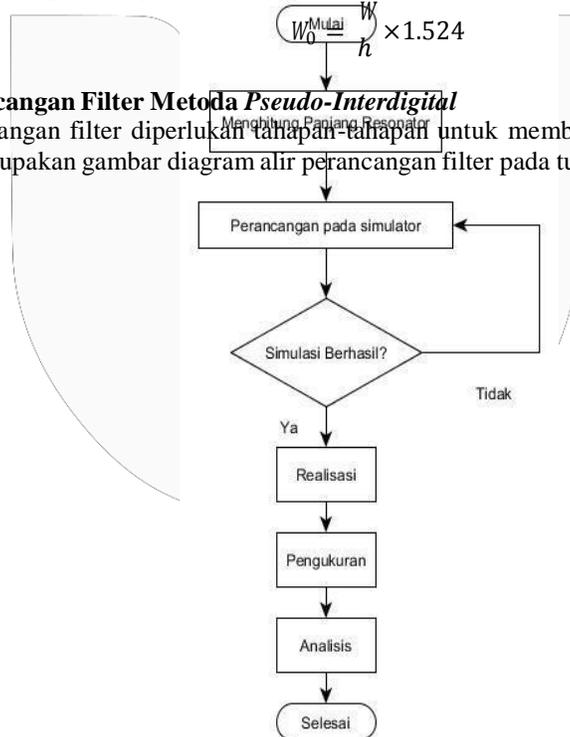


G. Setelah melakukan perhitungan maka didapatkan nilai lebar saluran catu, yaitu :

3. Perancangan dan Hasil

A. Diagram Alir Perancangan Filter Metoda *Pseudo-Interdigital*

Dalam proses perancangan filter diperlukan tahapan-tahapan untuk membantu proses perancangan filter. Gambar di bawah ini merupakan gambar diagram alir perancangan filter pada tugas akhir ini.



Gambar 3 Diagram alir perancangan Pseudo-Interdigital

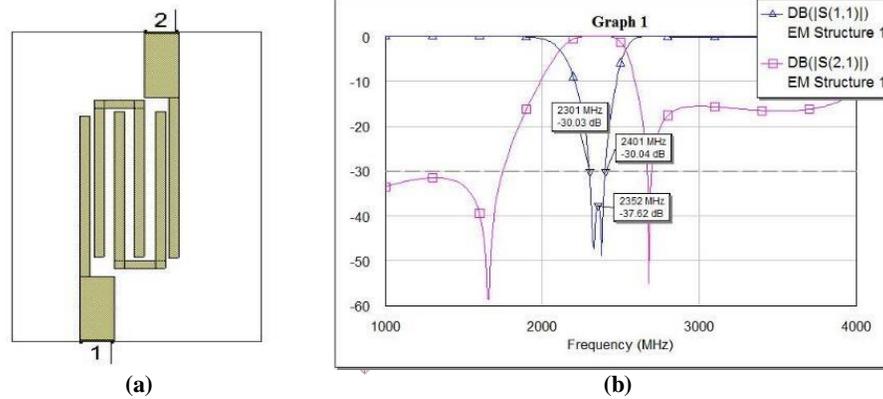
Berikut spesifikasi Band Pass Filter yang diinginkan:

- a. Range frekuensi : 2300-2400 MHz
- b. Frekuensi tengah : 2350 MHz

- c. Impedansi : 50  $\Omega$
- d. Bandwidth :  $\leq 100$  MHz
- e. *Insertion Loss* :  $\leq 2$  dB
- f. *Return Loss* :  $\geq 20$  dB

**B. Simulasi pada Software AWR Design Environment 2009**

Setelah mendapatkan hasil semua perhitungan dan beberapa parameter yang telah ditentukan, langkah berikutnya yaitu melakukan simulasi pada simulator *AWR Design Environment 2009*. Dikarenakan hasil perancangan dengan ukuran sesuai perhitungan tidak mencapai hasil yang diharapkan, maka dilakukan perubahan ukuran panjang resonator, ukuran dimensi agar mendapatkan hasil respon frekuensi, *bandwith*, dan *return loss* yang sesuai dengan spesifikasi filter yang diharapkan.



Gambar 4 (a) Layout PCB BPF hasil perancangan, (b) Hasil respon frekuensi BPF

**4. Pengukuran dan Analisis Band Pass Filter**

Untuk dilakukan pengukuran terhadap BPF yang telah selesai direalisasikan dengan menggunakan *Network Analyzer*. Setelah dilakukan pengukuran maka dilakukan analisis terhadap BPF.

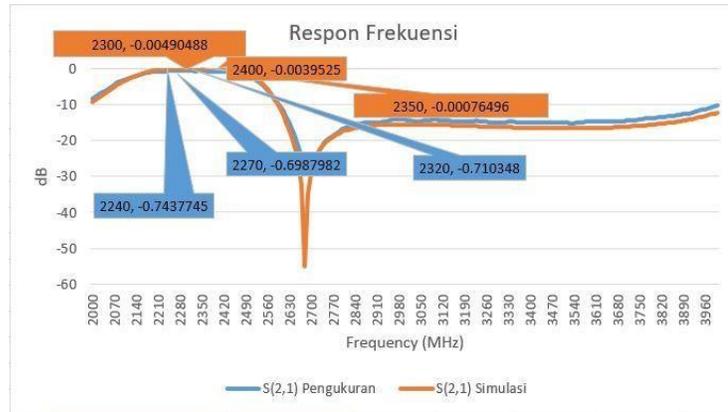
**A. Hasil Pengukuran dan Analisis Respon Frekuensi**

Didapatkan dari hasil perancangan range frekuensi pada simulator adalah 2301-2401 MHz, frekuensi tengah 2352 MHz dan *bandwidth* 100 MHz. Pada saat pengukuran menggunakan *Network Analyzer*, ketika menandakan frekuensi atas, frekuensi bawah, dan frekuensi tengah yang diinginkan, dapat dilihat pada gambar di bawah ini bahwa hasil frekuensi yang ditandakan saat pengukuran tidak presisi dengan hasil simulasi



Gambar 5 Hasil pengukuran respon frekuensi BPF menggunakan Network Analyzer

Membandingkan hasil simulasi dan hasil pengukuran dapat terlihat dengan jelas perbedaan respon frekuensinya. Pada gambar 6 dengan menggunakan *Microsoft Excel* yaitu perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran.



**Gambar 6 Hasil perbandingan simulasi dan pengukuran respon frekuensi**

Pada hasil simulasinya untuk mendapatkan nilai frekuensi sesuai spesifikasi cukup sulit dan diputuskan untuk mengambil nilai yang mendekati dengan nilai frekuensi perancangan. Pada saat perancangan besarnya nilai *insertion loss* yang diharapkan untuk frekuensi tengah adalah  $\leq 2$  dB. Besar nilai *insertion loss* pada hasil simulasi untuk frekuensi tengah yaitu 0.0007263 dB, sedangkan hasil pengukuran besar nilai *insertion loss* yang didapat adalah 0.6987982 dB.

Perbedaan nilai *insertion loss* hasil simulasi dengan pengukuran disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya pada saat simulasi dengan software *AWR Design Environment 2009*, konduktor yang digunakan adalah konduktor sempurna dan harga loss tangen bernilai 0, sedangkan pada realisasinya terdapat redaman konduktor yang digunakan dan harga loss tangen tidak bernilai 0. Untuk *insertion loss* nilai idealnya adalah 0 dB pada frekuensi tengah, tetapi pada prakteknya sangat sulit karena adanya redaman pada PCB, dan redaman resonator.

**B. Hasil Pengukuran dan Analisis *Return loss***

Dari hasil simulasi didapatkan nilai *return loss* untuk BPF sebesar 37.62 dB. Setelah direalisasikan, lalu untuk mengetahui nilai RL pada *filter* tersebut dengan menggunakan *Network Analyzer*. Nilai RL yang didapatkan adalah 16.593 dB..



**Gambar 7 Hasil pengukuran return loss untuk BPF**

Setelah didapatkan nilai RL maka cari nilai VSWR. Nilai VSWR hasil simulasi sebesar 1.0266 dan nilai VSWR hasil pengukuran sebesar 1.3475. Seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini dengan menggunakan *Microsoft Excel* perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran



Gambar 8 Hasil perbandingan simulasi dan pengukuran return loss

Untuk nilai return loss yang diharapkan pada spesifikasi BPF yang telah direalisasikan ini yaitu  $\geq 15$  dB, semakin besar nilainya berarti makin baik masing-masing filter tersebut untuk meneruskan sinyal masukan (input), karena daya yang dipantulkan kembali ke sumber makin kecil.

Pada saat simulasi didapatkan nilai *return loss* sebesar 37.62 dB. Sedangkan pada hasil pengukuran didapatkan *return loss* sebesar 16.5986 dB. Nilai *return loss* berpengaruh terhadap besarnya VSWR, semakin besar nilai *return loss* maka nilai VSWR yang didapatkan akan semakin kecil. Pada frekuensi tinggi jika tidak memiliki nilai VSWR yang bagus atau nilai idealnya adalah 1, maka akan terjadi gelombang pantul yang seharusnya gelombang tersebut diterima oleh beban.

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai VSWR yang didapatkan yaitu sebesar 1.3475 pada frekuensi 2275 MHz. Nilai VSWR dari BPF tersebut sudah sesuai dengan yang diharapkan yaitu  $\leq 2$ . Jika nilai VSWR yang dihasilkan lebih dari 2, maka alat tersebut tidak layak dan harus diulangi kembali perancangannya.

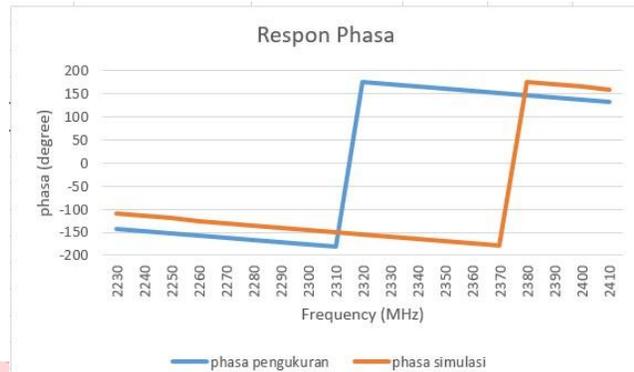
**C. Hasil Pengukuran dan Analisis Beda Fasa**

Pengukuran respon fasa bertujuan untuk melihat kelinieran fasa terhadap frekuensi. Jika terjadi perbedaan fasa ketika pengukuran maka hal tersebut diakibatkan oleh perbedaan waktu atau *delay* pada kabel yang digunakan saat pengukuran. Hasil pengukuran yang diharapkan adalah fasa linier terhadap frekuensi pada bagian *passband*. perbandingan respon fasa antara hasil simulasi dan hasil pengukuran. Hasil perbandingan tersebut tidak berbeda jauh.



Gambar 9 Hasil pengukuran BPF menggunakan Network Analyzer

Perbandingan hasil beda fasa dari simulasi dan pengukuran dengan menggunakan *Microsoft Excel* didapat dilihat pada gambar di bawah ini.



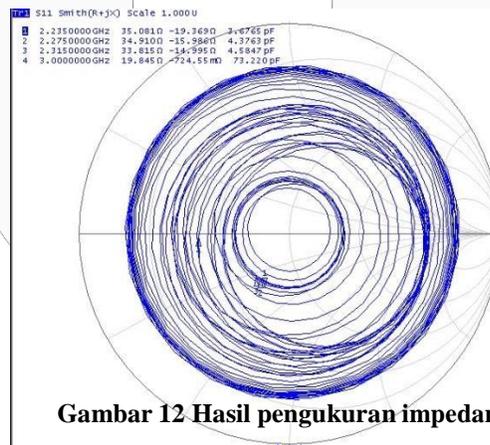
**Gambar 10 Hasil simulasi dan pengukuran beda fasa BPF**

Respon fasa diukur untuk melihat kelinearan fasa terhadap frekuensi. Penyebab perbedaan fasa karena pada saat sistem sedang bekerja, waktu kirim dan waktu terima tidak dalam waktu yang sama, sehingga terjadi *delay* atau perbedaan waktu yang mengakibatkan beda fasa dan terjadi ketidaklinearan.

Dari hasil pengukuran fasa pada BPF sudah dapat dikatakan baik, karena hampir mendekati respon yang diinginkan dari sisi kelinierannya. BPF hasil simulasi memiliki titik sudut curam terendah -179,085° dan titik sudut tertingggi 175,891°; sedangkan pada BPF hasil pengukuran yaitu titik sudut curam dilewatkan itu berbeda 180°.

**D. Hasil Pengukuran dan Analisis Impedansi**

Pengukuran impedansi diharapkan sesuai dengan perancangan spesifikasi sebelumnya yang sudah disimulasikan pada *AWR Design Environment 2009*. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 12, merupakan hasil pengukuran impedansi.



**Gambar 12 Hasil pengukuran impedansi**

Dari hasil pengukuran impedansi pada saat frekuensi 2275 MHz menghasilkan impedansi sebesar 40.073 Ω dan nilai *Return Loss* yang didapat adalah 15.28281 dB, pada saat 2306 MHz nilai impedansi yang dihasilkan adalah 38.99 Ω dan nilai *Return Loss* yang didapat adalah 15.22195 dB. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa ketika nilai impedansi besar maka nilai *return loss* pun besar begitu pun sebaliknya.

## E. Perbandingan hasil perancangan, simulasi dan pengukuran

Simulasi dan pengukuran dilihat dari beberapa parameter yang digunakan ketika pengukuran BPF ini menggunakan alat *Network Analyzer*.

**Tabel 1 Perbandingan hasil perancangan, simulasi dan pengukuran**

Parameter	Perancangan	Simulasi	Pengukuran
<b>Range Frekuensi</b>	2300-2400 MHz	2301-2401 MHz	2235-2315 MHz
<b>Frekuensi tengah</b>	2350 MHz	2352 MHz	2275 MHz
<b>Bandwidth</b>	100 MHz	100 Mhz	80 MHz
<b>Insertion Loss</b>	$\leq 2$ dB	0.0007263 dB	0.6987982 dB
<b>Return Loss</b>	$\geq 15$ dB	37.62 dB	16.5986 dB

## 5. Penutup

### A. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, proses simulasi dan hasil pengukuran maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Realisasi *Band Pass Filter* dengan metoda *Pseudo-Interdigital* telah berhasil direalisasikan.
2. Pada perealisasikan *Band Pass Filter* ini didapatkan respon frekuensi tengah pada 2275 MHz. Bandwidth sebesar 80 MHz, lalu *insertion loss* senilai 0.6987982 dB, yang dalam spesifikasi perancangan yang diharapkan mendapatkan nilai  $\leq 2$ dB.
3. Nilai return loss yang didapatkan BPF dari hasil pengukuran sebesar 16.5986 dB.
4. Pada pengukuran dihasilkan nilai beda fasa yang hampir sesuai dengan yang diharapkan, yaitu mendekati perbedaan sebesar  $180^\circ$  dan dapat dikatakan bahwa fasa linier.

### B. Saran

Ada beberapa saran yang mungkin dapat memberikan kontribusi positif bagi para pembaca dalam pembuatan *Band Pass Filter* dengan menggunakan metoda *Pseudo-Interdigital*, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sebelum merealisasikan BPF alangkah baiknya dilakukan proses simulasi berulang kali pada *software* yang sesuai sehingga mendapatkan hasil yang diharapkan.
2. Pemasangan konektor diharapkan tepat berada ditengah-tengah saluran catu dan tidak ada *gap* antara konektor dengan mikrostrip.
3. Sebelum melakukan simulasi sebaiknya pastikan nilai  $\epsilon_r$ , ketebalan substrat dan spesifikasi lain yang dibutuhkan simulasi pada sebuah PCB sudah benar, agar realisasi BPF yang dihasilkan mendekati spesifikasi yang diinginkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suleaman, Enceng, Ir. MT, *Filter*, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Bandung, 2003
- [2] Sulaeman, Enceng Ir., *Filter RF*, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Bandung, 2007.
- [3] Nan Chen, Wu., Hung Weng, Min., Fong Lin, Sung dan Hui Huang, Tsung, *Pseudo-Interdigital Bandpass Filter With Transmission Zeros*, 2004 IEEE, Oktober 2004
- [4] Kallapudi, Sridhar., Dey, Dipto and Singh Kshetrimayum, Rakhesh., *Pseudo-Interdigital Bandpass filters, Antennas, Microwave and RF Circuits Lab, Electronics and Communication Engineering, Indian Institute of Technology, Guwahati, North Guwahati, Assam, India*
- [5] Suleaman, Enceng, Ir. MT, *Perancangan Dan Realisasi Bandpass Filter Dengan Metoda Pseudo-Interdigital Pada Frekuensi 2496 - 2690 Mhz*, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Bandung, 2013
- [6] Filter Frekuensi, <http://comp-eng.binus.ac.id/files/2014/05/Filter-Frekuensi.pdf> (Mei 2014)
- [7] Hong, J.S dan Lancaster, M.J, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, A Willey-Interscience Publication, Canada, 2001
- [8] Yulyanthy, Dessy Rathry, *Perancangan dan Realisasi Band Pass Filter berbasis mikrostrip pada frekuensi 2.6 - 2.7 GHz untuk aplikasi LTE (Long Term Evolution)*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Telkom, 2012