

**PERANCANGAN DAN REALISASI BANDPASS FILTER BERBASIS
MIKROSTRIP MENGGUNAKAN METODE SQUARE LOOP RESONATOR PADA
FREKUENSI 1710 - 1785 MHZ UNTUK TEKNOLOGI LONG TERM EVOLUTION
(LTE)**

*DESIGN AND REALIZATION OF BAND PASS FILTER BASED ON MICROSTRIP
USING SQUARE LOOP RESONATOR AT FREQUENCY 1710 - 1785 MHZ FOR LONG
TERM EVOLUTION (LTE) TECHNOLOGY*

Aldef Hardzi Fadzlullah^[1], Dharu Arseno^[2], Yuyu Wahyu^[3]

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu 40257, Indonesia

^[1]aldefhardzi@student.telkomuniversity.ac.id, ^[2]dharuarseno@telkomuniversity.ac.id,

^[3]yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Filter merupakan salah satu perangkat transmisi terpenting dalam teknologi telekomunikasi yang berfungsi untuk melewatkan frekuensi tertentu (passband) maupun menolak atau meredam frekuensi yang tidak diinginkan (stopband). Pada tugas akhir ini telah direalisasikan *bandpass* filter dengan menggunakan metode square loop resonator berbasis mikrostrip dengan bahan FR-4 epoxy. Metode ini dipilih karena melebihi kelebihan yaitu mudah dalam perancangan, memiliki selektivitas yang tinggi dalam menolak frekuensi yang tidak diinginkan (*stopband*). Bandpass filter ini bekerja pada frekuensi 1710-1785 MHz. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai dari beberapa parameter diantaranya : frekuensi tengah 1737.5 MHz, *bandwidth* 90.2 MHz, *return loss* -17.734 dB dan *insertion loss* -5.773 dB.

Kata kunci : *Bandpass filter, square loop resonator, FR-4 epoxy*

Abstract

Filter was one of the most important transmission component which function is to pass specific band or rejecting and reducing unwanted frequency. In this final assignment has realized bandpass filter using square loop resonator method based on microstrip with FR-4 epoxy material. This method choosed because it has advantage on easy in design and has high selectivity in rejecting the unwanted frequency (stopband). This bandpass filter can work at 1710-1785 MHz. Based on the measurement results obtained by values of some parameters : centre frequency 1737.5 MHz, *bandwidth* 90.2 MHz, *return loss* -17.734 dB and *insertion loss* -5.773 dB.

Keyword : *Bandpass filter, square loop resonator, FR-4 epoxy*

1. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan teknologi telekomunikasi sangatlah pesat, hal tersebut pun tidak terlepas dari peran perangkat-perangkat pendukung yang digunakan untuk berbagai teknologi telekomunikasi yang ada agar tercapainya suatu komunikasi yang baik. Salah satu perangkat pendukung yang digunakan yaitu filter, perangkat ini berfungsi untuk menyeleksi atau melewatkan frekuensi yang diinginkan (*passband*) dan meredam frekuensi yang tidak diinginkan (*stopband*).

Salah satu teknologi yang mendukung permintaan *user* yaitu teknologi *Long Term Evolution* (LTE), dengan adanya teknologi ini maka kebutuhan *user* akan adanya perbaikan kualitas layanan data akan terpenuhi. Hal ini dapat dipenuhi karena teknologi LTE memiliki kemampuan pengiriman data yang baik untuk sisi *downlink* (mencapai 100 Mbps) dan untuk sisi *uplink* (mencapai 50 Mbps)^[1].

Pada penelitian ini penulis akan merancang dan merealisasikan filter BPF yang akan melewatkan sinyal diantara frekuensi *cut-off* bawah (f_{c1}) dan frekuensi *cut-off* atas (f_{c2}) serta meredam frekuensi dibawah frekuensi *cut-off* bawah dan frekuensi diatas frekuensi *cut-off* atas (f_{c2}). Filter yang akan dirancang merupakan filter berbasis mikrostrip yang mempunyai kelebihan mudah dalam fabrikasinya serta harganya yang lebih murah, filter ini bekerja pada frekuensi tengah 1747.5 MHz (1710 – 1785 MHz) yang digunakan pada sisi transmitter dengan menggunakan metode *Square Open-loop Ring Resonator* yang dalam proses realisasi filternya memiliki dimensi filter relatif kecil yang akan digunakan untuk Teknologi *Long Term Evolution* (LTE).

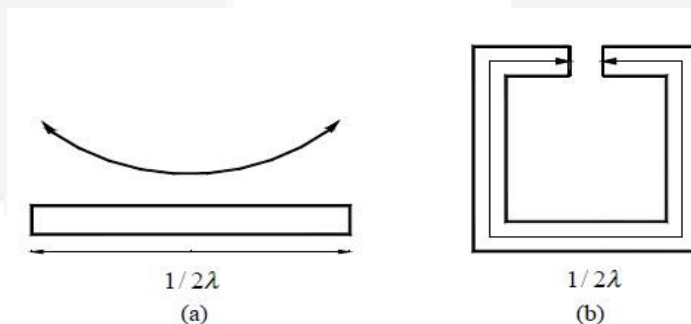
2. Dasar Teori

A. Bandpass Filter

Merupakan filter yang berfungsi untuk melewatkan (meloloskan) sinyal diantara frekuensi *cut-off* 1 ($> f_{c1}$) dan frekuensi *cut-off* 2 ($< f_{c2}$) serta meredam sinyal diluar frekuensi *cut-off* 1 ($< f_{c1}$) maupun frekuensi *cut-off* 2 ($> f_{c2}$)^[2].

B. Square Loop Resonator

Prinsip kerja *Square Loop* resonator adalah menggunakan prinsip resonansi, sehingga bisa dikatakan *resonator* akan bekerja (beresonansi) pada suatu frekuensi tertentu, kemudian dengan adanya resonansi tersebut sebuah gelombang RF akan tersalurkan. Secara umum rangkaian *resonator* dapat dibuat dengan menggunakan komponen L (induktor) dan C (kapasitor) dan besarnya frekuensi resonansi antara rangkaian L dan C adalah sebesar $1/\omega\sqrt{LC}$. Dalam perancangan dengan media mikrostrip komponen L dan C dapat direalisasikan menggunakan bentuk *square open loop resonator* dengan cara menekuk sebuah *resonator* lurus tunggal menjadi persegi, seperti di tunjukan pada Gambar 2.10. Dengan bentuk tekukan sudut 90° akan membentuk sebuah *gap* diantara kedua ujung *resonator*^[2].



Gambar 2. 1 Struktur Square Loop Resonator^[2]

C. Perhitungan Bandpass Filter menggunakan Metode Square Loop Resonator

1. Menentukan Konstanta Dielektrik Efektif (ϵ_{eff})^[3]

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + \frac{10}{w/d} \right]^{-ab} \quad (1)$$

$$a = 1 + \frac{1}{49} \ln \frac{(\frac{w}{d})^4 + (\frac{w}{52d})^2}{(\frac{w}{d})^4 + 0.432} + \frac{1}{18.7} \ln 1 + (\frac{w}{18.1d})^3 \quad (2)$$

$$b = 0.564 \left[\frac{\epsilon_r - 0.9}{\epsilon_r + 3} \right]^{0.053} \quad (3)$$

2. Menentukan Lebar Saluran Resonator (w_r)

$$B = \frac{377\pi}{2Zo \sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

3. Menentukan Panjang Saluran Resonator (L_r)^[3]

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

$$\text{dimana untuk } \lambda_o = \frac{c}{f_o} \quad (6)$$

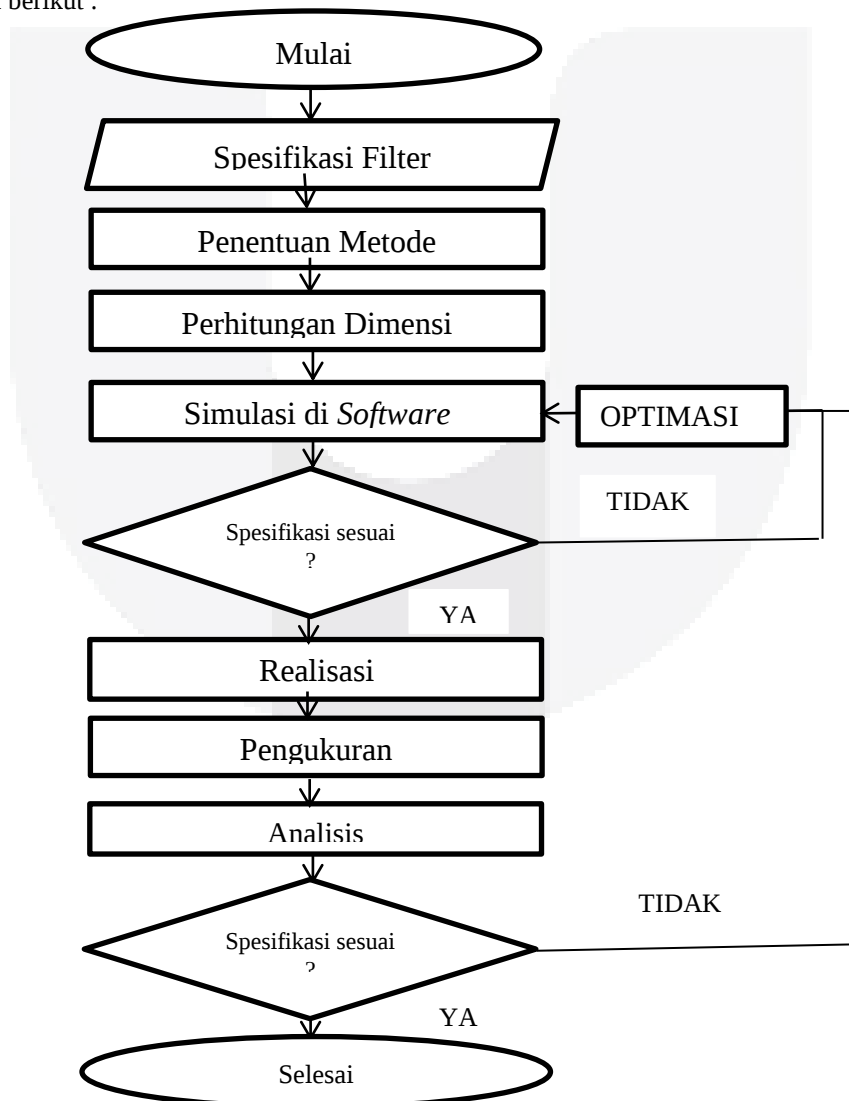
$$f_o = \sqrt{f_1 \times f_2} \quad (7)$$

$$\lambda_g = \frac{c}{f_o \sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

3. Perancangan dan Hasil

A. Diagram Alur Perancangan dan Realisasi

Diagram alir perancangan *bandpass filter Square Loop Resonator* berbasis mikrostrip pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

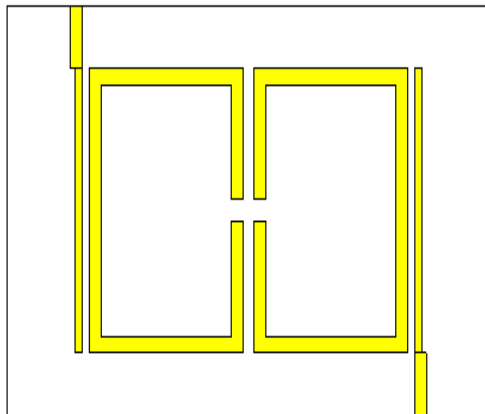


B. Spesifikasi Filter

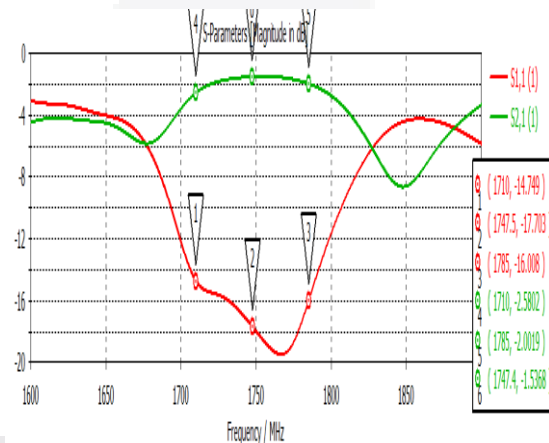
Spesifikasi filter yang akan dirancang adalah sebagai berikut :

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| a. Frekuensi Kerja | : 1710 – 1785 MHz |
| b. Frekuensi Tengah | : 1747.5 MHz |
| c. Impedansi Karakteristik | : 50 Ohm |
| d. <i>Bandwidth</i> | : 75 MHz |
| e. Metode | : <i>Square Loop Resonator</i> |
| f. Tipe Filter | : <i>Chebyshev</i> |
| g. <i>Return Loss</i> | : ≤ -10 dB |
| h. <i>Insertion Loss</i> | : ≥ -3 dB |
| i. VSWR | : ≤ 2 |

C. Simulasi Filter dengan Software CST



Gambar 3. 1 Layout Filter Pasca Optimasi



Gambar 3. 2 Grafik Hasil Pasca Optimasi

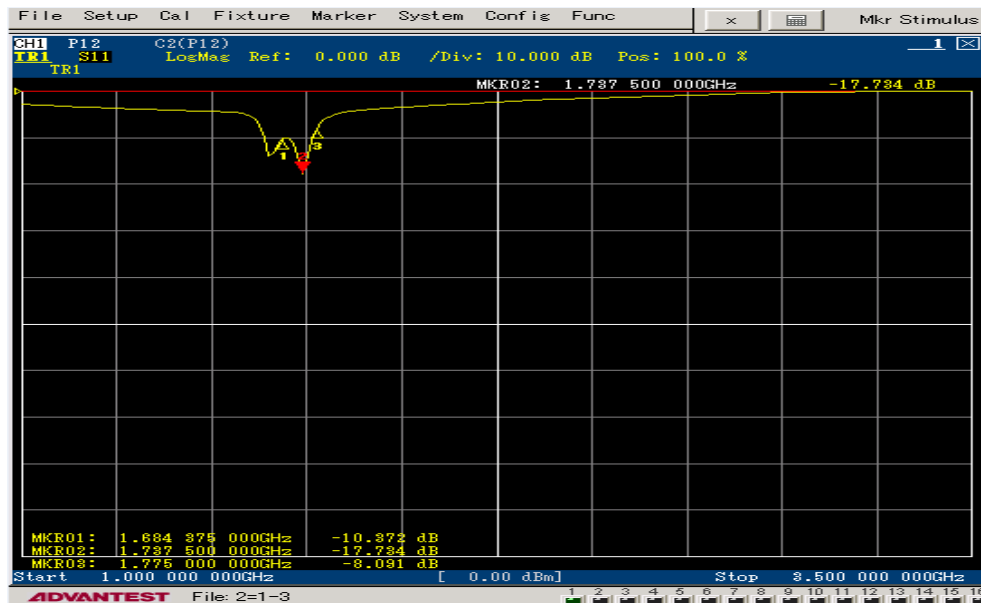
Jika perhitungan dimensi filter telah selesai dilakukan, maka proses selanjutnya yaitu simulasi menggunakan software CST. Pada tugas akhir ini, hasil perhitungan dimensi menghasilkan respon filter yang tidak sesuai dengan spesifikasi awal, maka diperlukan optimasi untuk mengubah dimensi lebar saluran transmisi, panjang resonator, ukuran ring square resonator dan jarak antar resonator agar respon filter sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

4. Pengukuran dan Analisa

A. *Return Loss*

Return loss menunjukkan besarnya daya yang dipantulkan kembali menuju sumber. Semakin besar daya yang dipantulkan menuju sumber maka performansi dari filter dikatakan semakin buruk, sedangkan semakin

kecil daya yang dipantulkan ke sumber maka performansi dari filter baik karena pada keadaan tersebut terjadi transfer daya maksimum dari sumber menuju beban.

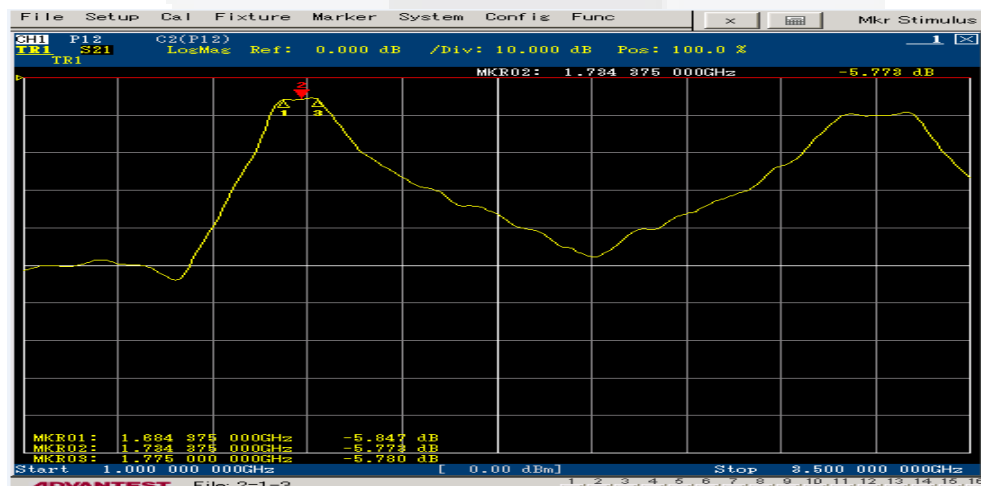


Gambar 4. 1 Hasil Pengukuran *Return Loss*

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai return loss yang ditandai oleh marker 2 merupakan frekuensi tengah (1747.5 MHz) sebesar -17.384 dB. Sedangkan untuk *marker* 1 dan 3 merupakan frekuensi *cut-off* bawah (1710 MHz) dan frekuensi *cut-off* atas (1785) MH, dimana nilai *retun loss* nya yaitu -5.892 dB dan -6.520 dB. Selain itu pada marker 1 dan 3 juga menggambarkan nilai *bandwidth* dari realisasi filter yaitu sebesar 75 Mhz.

B. Insertion Loss

Insertion loss menunjukkan adanya rugi-rugi yang dihasilkan karena adanya pengaruh penyisipan perangkat antara sumber dengan beban, sehingga daya yang dikirimkan dari sumber menuju beban ada yang terserap dan ada pula yang dipantulkan menuju sumber. Performansi filter dikatakan baik jika *nilai insertion* nya 0 dB, namun pada tahap perealisasi dan optimasi hasilnya akan berbeda karena pada tahap perealisasi terdapat rugi-rugi yang terdapat pada perangkat sehingga pada tahap ini sulit untuk merealisasikan filter yang ideal.



Gambar 4. 2 Hasil Pengukuran *Insertion Loss*

Pada gambar diatas dapat terlihat bahwa nilai *insertion loss* pada frekuensi tengah atau yang ditandai dengan *marker 2* (1737.5 MHz) yaitu sebesar -5.773 dB , sedangkan untuk frekuensi *cut-off* bawah (1684.38 MHz) dan frekuensi *cut-off* atas (1775 MHz) yang ditandai dengan *marker 1* dan *3* nilainya sebesar -5.847 dB dan -5.780 dB.

C. VSWR

VSWR menunjukan adanya perbandingan antara gelombang datang dikirimkan dari sumber dibanding dengan gelombang yang dipantulkan dari beban menuju sumber.

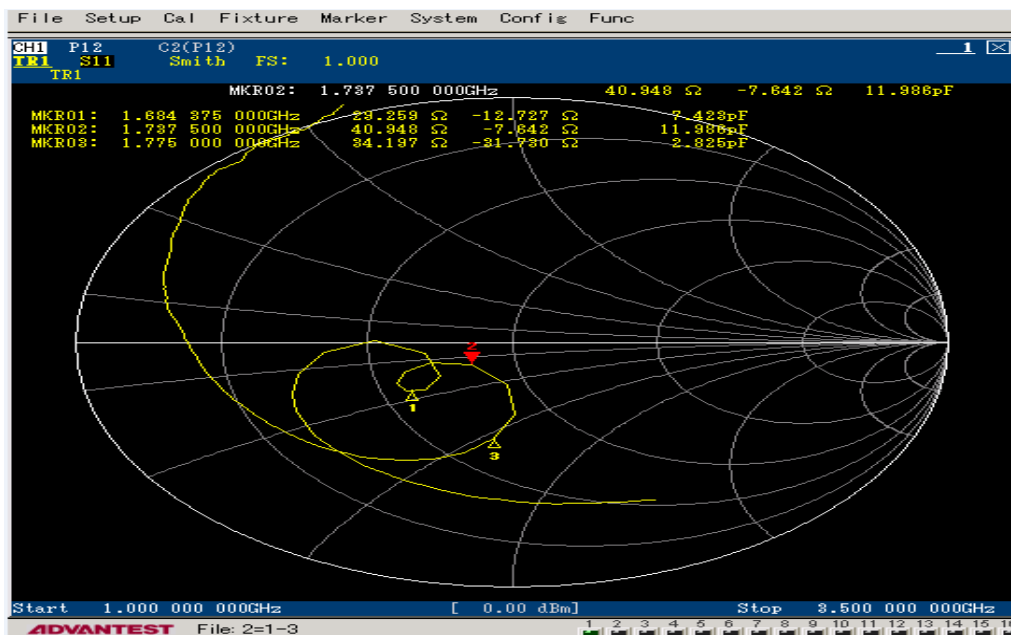


Gambar 4. 3 Hasil Pengukuran VSWR

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada frekuensi kerja filter (1737.5 MHz) nilai VSWR sudah memenuhi spesifikasi awal yaitu sebesar 1.298, untuk frekuensi *cut off* bawah (1684.38 MHz) nilai VSWR sebesar 1.871, namun pada frekuensi *cut-off* atas nilai VSWR belum memenuhi spesifikasi awal karena nilai VSWR nya sebesar 2.3. idealnya nilai VSWR adalah 1, karena pada keadaan tersebut tidak ada daya yang dipantulkan kembali menuju sumber.

D. Impedansi

Impedansi menunjukan adanya kesesuaian antara impedansi saluran di input maupun output dengan impedansi saluran di konektor, jika impedansi input dan output mendekati nilai impedansi konektor maka dari sumber menuju beban terjadi transfer daya maksimum karena impedansi nya bersifat *match*.



Gambar 4. 4 Hasil Pengukuran Impedansi

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai impedansi pada frekuensi tengah (1737.5 MHz) yaitu sebesar $(40.948 - j7.642) \Omega$, sedangkan untuk frekuensi *cut-off* bawah (1684.38 MHz) dan frekuensi *cut-off* atas (1775 MHz) yaitu $(29.259 - j12.727) \Omega$ dan $(34.197 - j31.730) \Omega$.

E. Perbandingan Hasil Perancangan, Simulasi dan Pengukuran

Analisa kinerja sistem dilakukan untuk membandingkan apakah antara simulasi dengan pengukuran telah sesuai dengan spesifikasi awal yang ditentukan. untuk keterangan lebih jelas nya bisa dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 1 Perbandingan Hasil Perancangan, Simulasi dan Pengukuran

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi Tengah	1747.5 MHz	1747.5 MHz	1747.5 MHz
Rentang Frekuensi	(1710-1785) MHz	(1710-1785) MHz	(1684.38-1775) MHz
Bandwidth	75 MHz	75 MHz	90.62 MHz
Insertion Loss	≥ -3 dB	-1.5368 dB	-5.773 dB
Return Loss	≤ -10 dB	-17.703 dB	-17.734 dB
Impedansi	50 Ohm	38.48 Ohm	40.948 Ohm
VSWR	≤ 2	1.2996	1.361

5. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

1. *Return loss* hasil simulasi pada frekuensi tengah yaitu -17.703 dB sedangkan *return loss* hasil pengukuran pada frekuensi tengah yaitu -17.384 dB. Nilai ini sesuai dengan spesifikasi awal yaitu (*return loss* $\leq$ -10 dB).
2. *Insertion loss* hasil simulasi pada frekuensi tengah yaitu -1.5358 dB sedangkan *insertion loss* hasil pengukuran pada frekuensi tengah yaitu -4.818 dB. Nilai *insertion loss* saat pengukuran belum memenuhi spesifikasi awal ($\geq$ -3 dB).
3. Respon filter yang dihasilkan antara simulasi dengan pengukuran terdapat perbedaan. Perealisasi filter ini memiliki dimensi yang berbeda dengan simulasi sehingga menghasilkan respon filter yang berbeda.
4. Perbedaan hasil simulasi dengan pengukuran disebabkan karena adanya interferensi saat pengukuran, *loss* fabrikasi dan *loss* dari material bahan yang digunakan saat perealisasi

B. Saran

1. Perancangan filter dengan menggunakan metode lain atau gabungan antara metode *square loop resonator* dengan *interdigital*. Dengan penggabungan dua metode ini akan menghasilkan kinerja maupun respon filter yang baik.
2. Perhitungan dimensi filter harus dilakukan dengan tingkat ketelitian yang tinggi, kemudian ukuran dimensi simulasi dan realisasi harus diperhatikan karena jika terdapat perbedaan akan berpengaruh pada respon filter yang dihasilkan saat simulasi dan pengukuran
3. Konstanta dielektrik substrat simulasi dan realisasi harus disesuaikan karena perbedaan konstanta dielektrik sangat berpengaruh terhadap kinerja maupun respon filter.
4. Menggunakan substrat yang memiliki rugi-rugi (*loss tangent*) yang kecil karena *loss* material sangat berpengaruh terhadap kinerja filter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Usman, Uke Kurniawan. Et al. *Fundamental Teknologi Seluler LTE*. Rekayasa Sains. 2011. Rekayasa Sains
- [2] Aljuni, Cheryl, Chris Bowick, John Blyler, 2001, *RF Circuit Design*, New York: Nownos.
- [3] Jia-Sheng Hong, M. J. Lancaster, *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*, New York, 2011.