

PERANCANGAN DAN REALISASI BANDPASS FILTER DENGAN MENGGUNAKAN METODE HAIRPIN LINE UNTUK FREKUENSI KERJA 5,800 GHZ – 5,900 GHZ

DESIGN AND REALIZATION BANDPASS FILTER USING HAIRPIN LINE METHOD FOR FREQUENCY 5,800 GHZ – 5,900 GHZ

Dicky Saputra Caniago¹, Achmad Ali Muayyadi², Yuyu Wahyu³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, ³Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

¹dickysaputra@student.telkomuniversity.ac.id, ²alimuayyadi@telkomuniversity.ac.id,
³yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Pada masa sekarang perangkat *Wi-Fi* sudah menjadi kebutuhan pokok untuk akses internet. Salah satu band frekuensi unlicensed untuk high speed access adalah 5.8 GHz, menggunakan *Wi-Fi* dengan standar IEEE 802.11n/ac. Sistem kerja *Wi-Fi* ditunjang oleh perangkat yang ada disisi AP (Access Point) dan sisi client, di setiap sisi masing – masing memiliki transmitter dan receiver.

Pada tugas akhir ini di rancang *band pass filter* (BPF) untuk aplikasi *Wi-Fi* 5.8 GHz. *Band pass filter* ini dirancang menggunakan metode *hairpin line* dan menggunakan respon frekuensi *Chebyshev* dengan ripple 0.1 dB, Filter ini dirancang menggunakan Roger 5880.

Hasil pengukuran realisasi *BPF* tersebut menghasilkan *BPF* dengan nilai return loss : -17.252 dB, insertion loss : -5.117 dB dan impedansi : $53.664 + j42.196$ Ohm. Pengukuran parameter-parameter tersebut mendekati target spesifikasi *BPF* untuk IEEE 802.11 n/ac.

Kata Kunci: Wifi, filter, bandpass, hairpin line, Chebyshev

Abstract

In the present *Wi-Fi* device has become a basic requirement for internet access. One of the unlicensed frequency bands for high speed access is 5.8 GHz, using *Wi-Fi* with IEEE 802.11n / ac standard. *Wi-Fi* working system is supported by existing devices on the side AP (Access Point) and client side, on each side each has a transmitter and receiver.

In this final project is to design band pass filter (BPF) for *Wi-Fi* application 5.8 GHz. Band pass filter is designed using hairpin line method and using the response frequency Chebyshev with ripple 0.1 dB, Filter is designed using Roger 5880.

The result of measurement of BPF realization resulted BPF with return loss value: -17.252 dB, insertion loss: -5.117 dB and impedance: $53.664 + j42.196$ Ohm. The measurement of those parameters approximates the BPF specification target for IEEE 802.11 n / ac.

.Keywords : Wifi, filter, bandpass, hairpin line, Chebyshev

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan teknologi telekomunikasi yang berkembang, aplikasi *Wi-Fi* telah muncul sebagai teknologi baru. *Wi-Fi* adalah salah satu jenis teknologi jaringan nirkabel yang digunakan untuk bisa koneksi ke Internet. Umumnya jaringan *Wi-Fi* beroperasi pada frekuensi radio 2,4 GHz atau 5,8 GHz dengan kecepatan 11 Mbps (802.11ac), 54 Mbps (802.11g), 300 Mbps (802.11n) bahkan 1 Gbps (802.11ac)^[7].

Salah satu band frekuensi unlicensed untuk high speed access adalah 5.8 GHz, menggunakan *Wi-Fi* dengan standar IEEE 802.11n/ac. Sistem kerja *Wi-Fi* ditunjang oleh perangkat yang ada disisi AP (Access Point) dan sisi client, di setiap sisi masing – masing memiliki transmitter dan receiver.

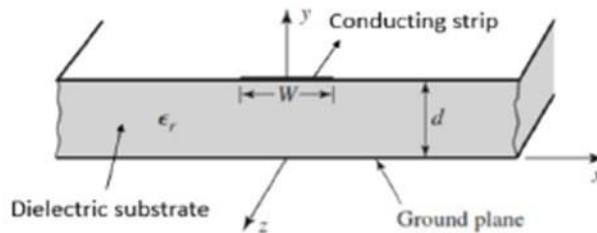
Band pass filter (BPF) adalah salah satu komponen yang ada di dalam receiver. Pengertian filter itu sendiri adalah perangkat yang melewatkan sinyal tertentu yang di inginkan dan menghalangi sinyal yang tidak di inginkan. Untuk itu perlu dilakukan sebuah perancangan filter sistem yang berfungsi sebagai band pass filter.

Penelitian ini menggunakan metode *hairpin line*, Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan *bandpass filter* dengan menggunakan respon frekuensi *chebyshev*, yang kemudian untuk penggunaan sistem *Wi-Fi*, dengan frekuensi kerja 5,800 – 5,900 GHz, dengan frekuensi tengah 5,850 GHz.

2. Dasar Teori.

2.1 Mikrostrip

Mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas ground plane yang diatasnya terdapat bahan dielektrik. terdapat dua dielektrik yang melingkupi strip yaitu udara dengan konstanta dielektrik satu dan substrate dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) > 1. Dengan demikian saluran mikrostrip, secara keseluruhan dapat dipandang sebagai saluran dengan dielektrik homogen yang lebih besar dari satu tetapi lebih kecil dari ϵ_r . Konstanta dielektrik ini disebut konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}). [5]



Hubungan antara lebar dan ketebalan (W/h) dengan konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) bisa dilihat dalam persamaan :

- o Pada $W/h < 2$

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \tag{2.1}$$

- o Pada $W/h > 2$

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln((2 * B) - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right) \right] \tag{2.2}$$

Dengan :

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \tag{2.3}$$

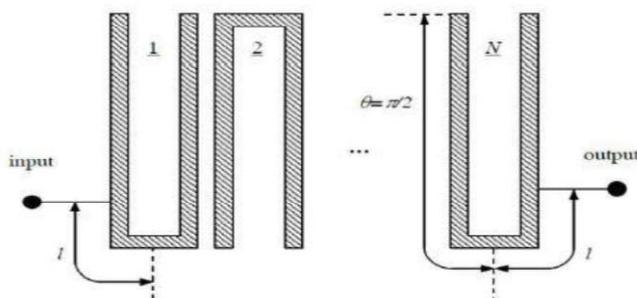
$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.4}$$

Konstanta dielektrik efektif dengan persamaan :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}} \right) \tag{2.5}$$

2.2 Hairpin Line

Hairpin Line adalah filter yang mempunyai struktur tersusun rapi. Filter tersebut mempunyai konsep yang didapat dengan lipatan resonator dari parallel-coupled, half-wavelength resonator filters inilah yang disebut resonator hairpin[5]. Konsekuensinya, desain *hairpin* menggunakan persamaan dari parallel-coupled, half-wavelength resonator. Untuk lipatan resonator, ini penting dengan mengambil perkiraan pengurangan dari panjang coupled line, yang mana mengurangi kopling antara resonator. Begitu juga, jika dua lengan masing-masing resonator Hairpin dihitung dengan teliti, mereka berfungsi sebagai sepasang saluran coupled, yang mempunyai pengaruh dalam kopling dengan baik.



Untuk mendapatkan nilai fractional bandwidth bisa didapat menggunakan persamaan :

$$FBW = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_0} \quad (2.1)$$

Untuk mendapatkan nilai orde bisa didapat menggunakan persamaan :

$$\Omega_s = \frac{2}{FBW} \left(\frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \right) \quad (2.2)$$

$$n \geq \frac{\cosh^{-1} \sqrt{\frac{10^{0.1xAttenuasi}}{10^{0.1xRipple}}}}{\cosh^{-1}(\Omega_s)} \quad (2.3)$$

Parameter-parameter pada metode *Hairpin-Line* diantaranya adalah Koefisien Kopling, *Slide factor* (*uncoupled line*), panjang saluran terkopel (*coupled line*), dan *Feed-Line*.

a. Koefisien Kopling

Koefisien kopling menyatakan besarnya transfer daya antar resonator. Semakin besar nilai kopling, semakin besar daya yang ditransferkan sehingga mengakibatkan *bandwidth* yang lebar. Untuk mendapatkan nilai jarak antar resonator dengan teknik kopling^[3]:

$$M_{i,i+1} = \frac{FBW}{\sqrt{g_n g_{n+1}}} \quad (2.4)$$

b. *Slide factor*

Slide factor merupakan saluran tidak terkopel pada *filter Hairpin-Line*. *Slide factor* yang terlalu panjang akan mengakibatkan redaman *filter* bertambah, namun apabila *slide factor* terlalu pendek justru akan mengakibatkan adanya *self coupling*, yaitu kopling diantara resonator (saluran) yang sama.

c. Saluran Input

Terdapat dua metode pencatutan dalam mikrostrip hairpin yaitu dengan menggunakan *feed-line* dan *tap*. Sehingga bisa dikatakan bahwa *Feed-line* ini merupakan saluran $\lambda/4$ yang memiliki impedansi yang sama dengan saluran resonator dan dihubungkan dengan saluran 50Ω . Sedangkan *tap* merupakan saluran dengan impedansi 50Ω yang langsung dihubungkan dengan saluran filter^[6]. Pemakaian jenis saluran input ini tergantung kepada topologi filter yang digunakan.

2.3 J-Inverter

J-inverter adalah nilai admitansi karakteristik yang akan digunakan untuk mencari nilai Z_{0e} dan Z_{0o} . Nilai J-inverter bisa didapat dengan persamaan:

$$J_1 = \sqrt{\frac{\pi FBW}{2g_1}} \quad (2.4)$$

$$J_n = \frac{\pi FBW}{2\sqrt{g_{n-1}g_n}} \quad \text{For } n = 2, 3 \dots N \quad (2.5)$$

$$J_{n+1} = \sqrt{\frac{\pi FBW}{2g_{n+1}}} \quad (2.6)$$

Dimana :

J_n = Admitansi karakteristik dari J-inverter

Z_{0e} = Impedansi genap

Z_{0o} = Impedansi ganjil

Dari nilai J-inverter diatas maka akan dicari nilai impedansi karakteristik ganjil dan genap menggunakan persamaan^[5] :

$$Z_{0o} = Z_0 [1 - JZ_0 + (JZ_0)^2] \quad (2.7)$$

$$Z_{0e} = Z_0 [1 + JZ_0 + (JZ_0)^2] \quad (2.8)$$

2.4 Karakteristik Hairpin Line

2.4.1 Return Loss

Return Loss adalah perbandingan antara daya yang di pantukan (PR) dengan daya yang ditransmisikan (PT). Besarnya *return loss* harus sekecil mungkin untuk mendapatkan transfer daya yang maksimum.

2.4.2 Insertion Loss

Ketika mengirimkan daya sinyal kedalam suatu medium, tidak semuanya daya sinyal yang dikirimkan dari suatu sumber sampai pada beban secara sempurna. Terdapat loss yang terjadi sebagai akibat dari penyisipan kesuatu saluran transmisi diantara sumber dan beban disebut juga dengan *insertion loss* pada saluran.

3. Perancangan Dan Realisasi

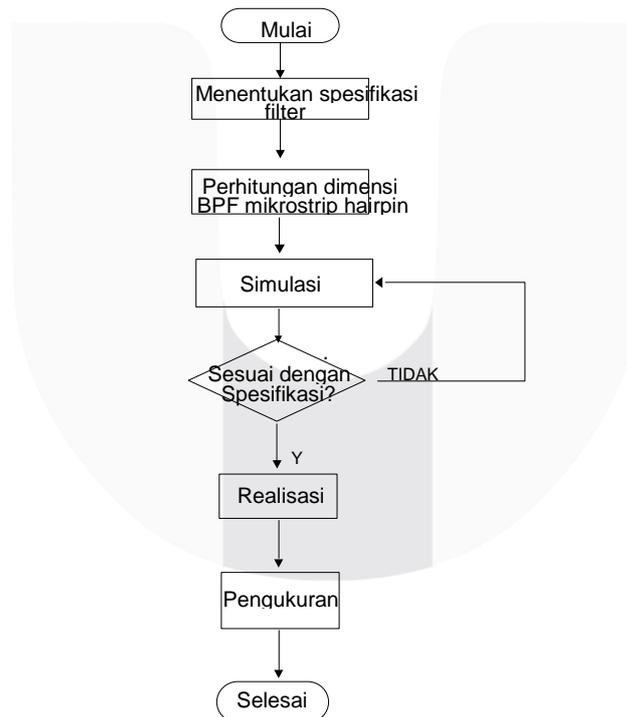
3.1 Spesifikasi Hairpin Line

Spesifikasi yang diinginkan didapatkan dari hasil simulasi menggunakan *software CST Microwave Studio*. Spesifikasi dari *Hairpin Line* pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

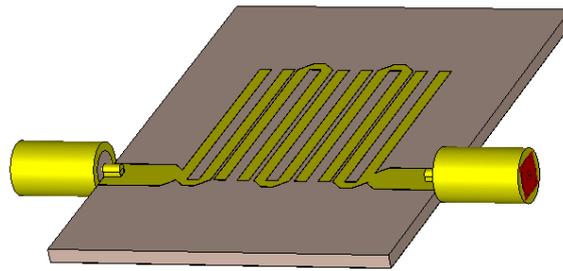
Batas Frekuensi Atas	5,800 Ghz
Frekuensi Tengah	5,850 Ghz
Batas Frekuensi Bawah	5,900 Ghz
Return Loss	-15 dB
Insertion Loss	-5 dB

3.2 Perancangan Hairpin Line

Perancangan BPF mikrostrip hairpin pada tugas akhir ini dilakukan melalui beberapa tahap. Setiap tahapan tersebut harus dilakukan dengan baik dan dengan ketelitian tinggi untuk memperkecil kesalahan dalam perancangan serta menghindari buruknya performansi filter yang dirancang.



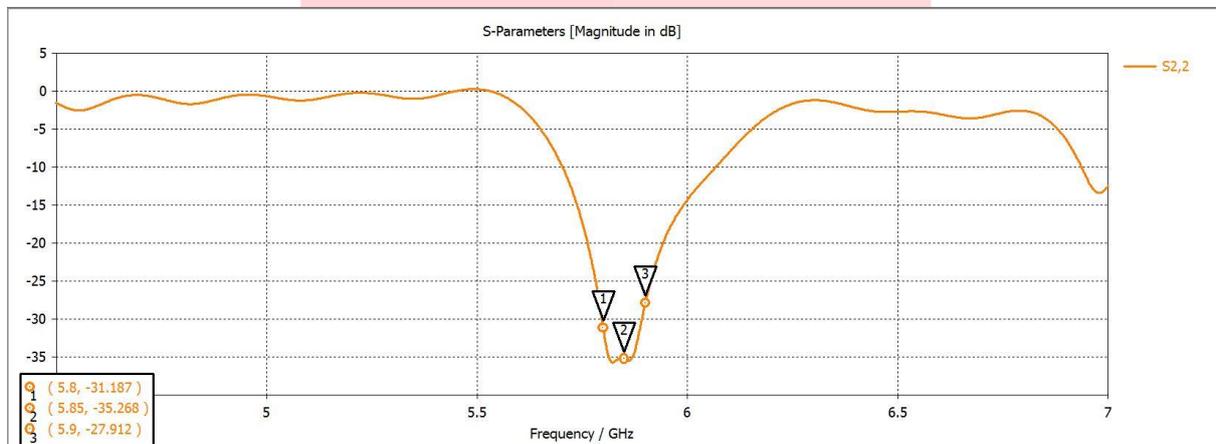
3.3 Desain Hairpin Line



Hasil dari simulasi yang dilakukan dengan menggunakan software CST *microwave studio* yaitu sebagai berikut :

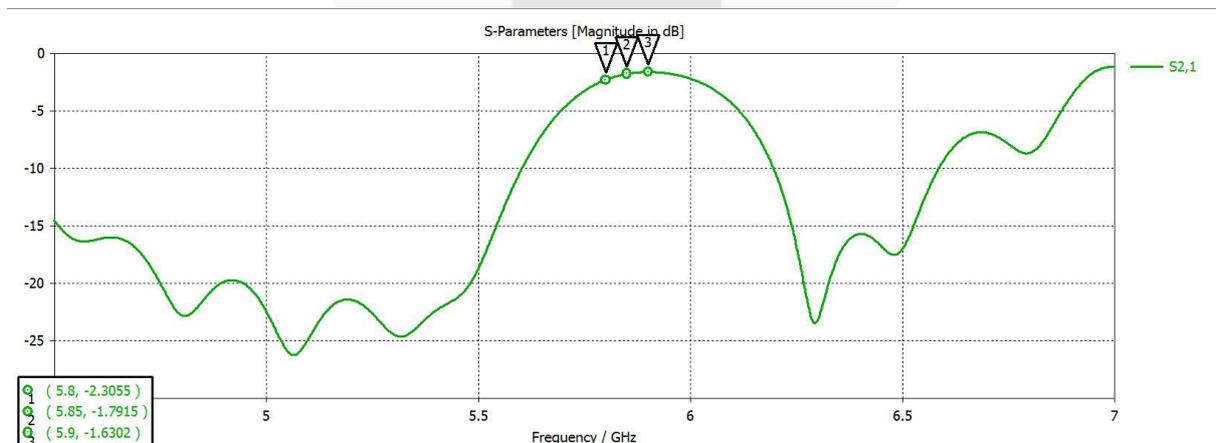
3.3.1 Return Loss

Salah satu parameter yang ingin dicari yaitu *return loss* yang dihasilkan oleh alat yang telah dibuat. Hasil dari *return loss* menunjukkan bahwa frekuensi tengah filter di frekuensi 5.850 GHz dengan nilai -35,268 dB . Dengan nilai *return loss* yang lebih dari -15 dB maka filter ini tentu telah memenuhi kriteria dari filter yang baik .



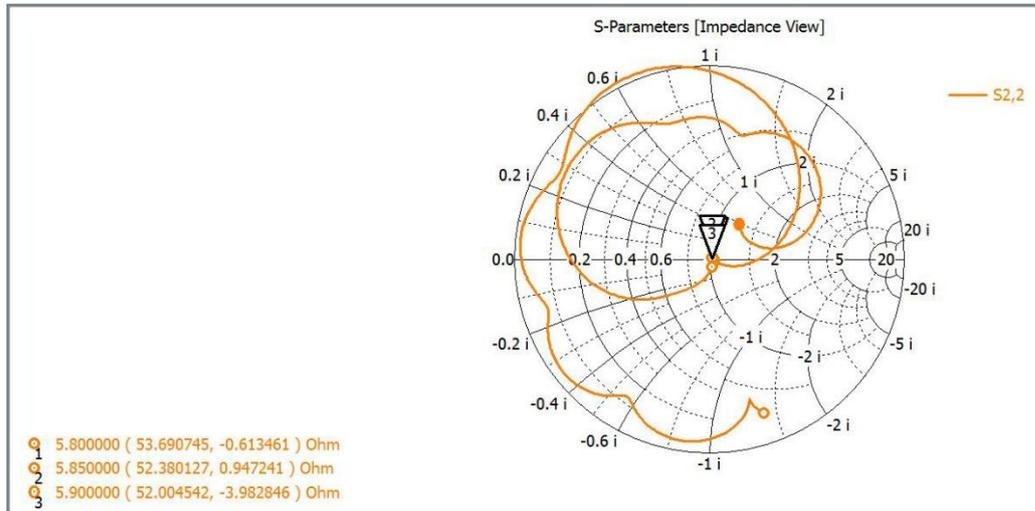
3.3.2 Insertion Loss

Hasil *insertion loss* yang dihasilkan di frekuensi 5.850 GHz adalah -1.7915 dB . Gambar dari hasil simulasi *Insertion loss* yaitu sebagai berikut :

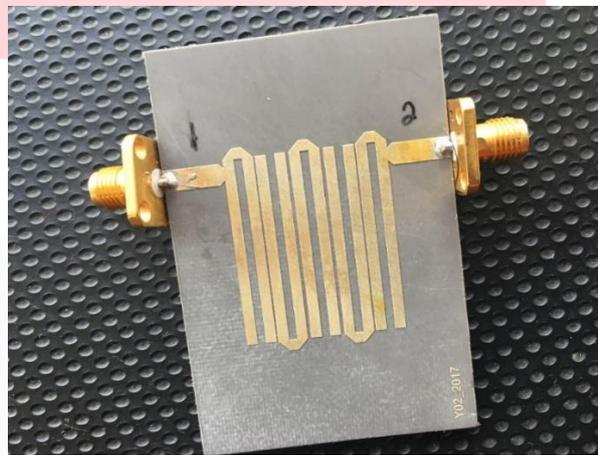


3.3.3 Impedansi

Gambar dibawah menunjukkan bahwa nilai impedansi sebesar 52.38 Ohm + J0.94 Ohm . Nilai Impedansi hasil simulasi yaitu sebagai berikut :



3.3 Realisasi Hairpin Line

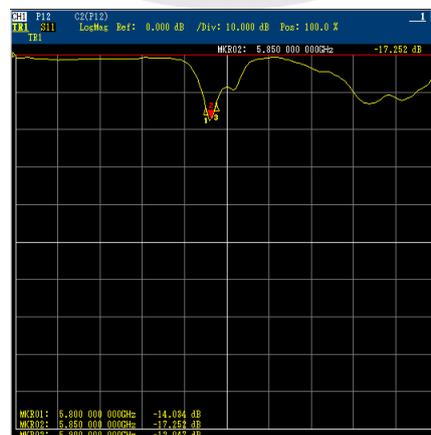


Setelah dilakukan optimasi proses simulasi, maka dihasilkan nilai spesifikasi yang sesuai dengan spesifikasi awal. Kemudian dilanjutkan proses perealisasi filter dimulai dari pembuatan layout kemudian cetak film negatif, setelah itu dilanjutkan pencetakan PCB dan pemasangan konektor.

4. Pengukuran Dan Analisa

4.1 Pengukuran Return Loss

Pengaturan *return loss* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya yang dipantulkan dari daya yang diinputkan akibat tidak *matched*-nya beban dengan saluran transmisi .

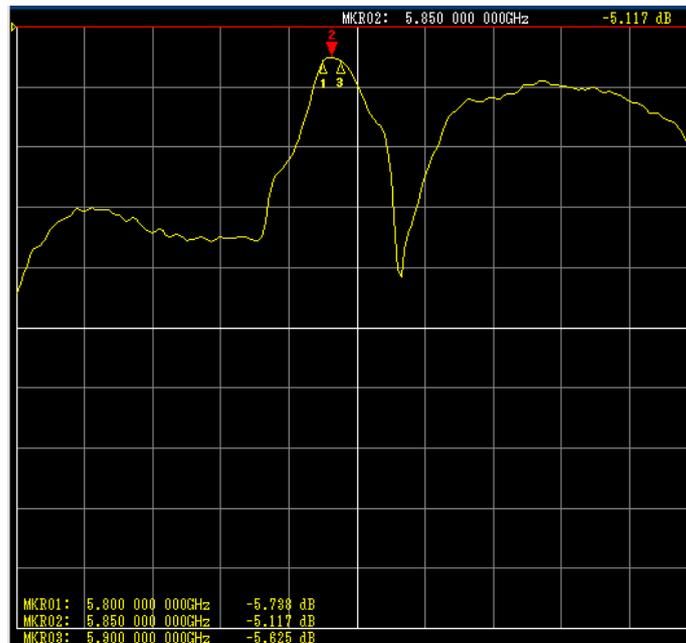


4.1.1 Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran nilai *return loss* hasilnya tidak mendekati dengan hasil simulasi karena terlalu jauh perbedaannya . Untuk nilai hasil pengukuran pada frekuensi 5.850 GHz didapatkan sebesar -17.252 dB sedangkan pada hasil simulasi sendiri hasilnya sebesar -35.268 dB hal ini disebabkan karena ketidak presisian alat , bisa juga karena ketidaksempurnaan dalam proses pensolderan . Untuk meningkatkan *return loss* atau dengan kata lain meminimalkan daya komponen pantul maka impedansi input dan impedansi *BPF* sedekat mungkin yaitu sebesar 50 Ohm .

4.2 Pengukuran Insertion Loss

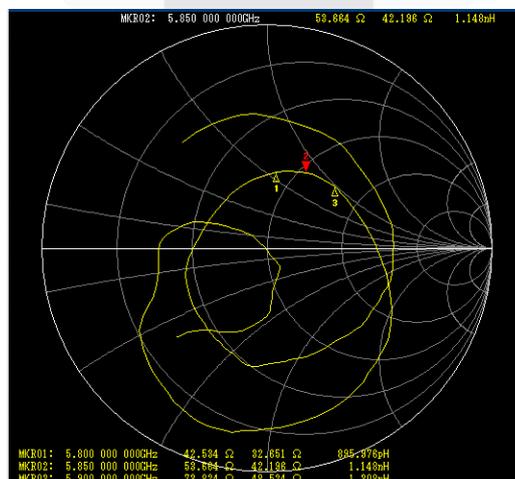
Pengukuran *insertion loss* dilakukan untuk mengetahui berapa besar daya yang hilang pada *port* keluaran dari daya *input* yang diberikan pada saat pentransmisian.



4.2.1 Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran nilai *Insertion loss* hasilnya tidak mendekati dengan hasil simulasi , Untuk nilai hasil pengukuran pada frekuensi 5.850 GHz didapatkan sebesar -5.117 dB sedangkan pada hasil simulasi sendiri hasilnya sebesar -1.7915 dB sama halnya dengan nilai pada frekuensi 5.800 GHz dan 5.900 GHz . hal ini disebabkan karena adanya pengukuran yang tidak optimum yang dikarenakan tidak dilakukan di ruang anechoic chamber dan ketidaksempurnaan dalam proses pensolderan

4.3 Impedansi



4.3.1 Analisis

Berdasarkan hasil pengukuran nilai Impedansi nilainya mendekati spesifikasi yang di tentukan dan juga nilainya mendekati dengan hasil simulasi , dimana pada pengukuran nilai yang didapatkan pada frekuensi 5.850 GHz sebesar $53.664 + j42.196$ Ohm dan nilai pada hasil simulasi sebesar $52.366 + j0.937781$ Ohm . Maka filter ini tentu telah memenuhi kriteria dari filter yang baik sehingga filter sudah sesuai dengan spesifikasi awal yang diinginkan .

5. Kesimpulan

Dari setiap proses perancangan,realisasi hingga pengukuran *BPF Hairpin Line* dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil setiap proses dari perancangan , realisasi hingga pengukuran dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa untuk nilai *return loss* pada rentang 5.800 – 5.900 GHz hasilnya tidak mendekati dengan spesifikasi perancangan ≤ -15 dB karena pada saat 5.850 GHz nilainya sebesar -17.252 dB . hal ini disebabkan karena ketidak presisian alat , bisa juga karena ketidaksempurnaan dalam proses pensolderan .
2. Nilai *Insertion loss* hasilnya juga tidak mendekati dengan hasil simulasi , pada saat 5.850 GHz nilai insertion loss sebesar -5.117 dB . hal ini karena pengukurannya tidak optimum yang dikarenakan tidak dilakukan di ruang anechoic chamber dan pada saat fabrikasi PCB yang kurang persisi .
3. Berdasarkan hasil pengukuran nilai resistansinya mendekati spesifikasi yang di tentukan yaitu $53.664 + j42.196$ Ohm tetapi nilai dari reaktansi induktifnya terlalu besar . hasil ini mendekati dengan hasil resistansi spesifikasi awal , Maka filter ini tentu telah memenuhi kriteria dari filter yang baik.

Daftar Pustaka

- [1] M. ILHAM MAULANA KARIM P. "PERANCANGAN DAN REALISASI BANDPASS FILTER DENGAN MENGGUNAKAN METODE COUPLED LINE COMPACT UNTUK FREKUENSI KERJA 3300 MHz – 3400 MHz " M.S. Tugas Akhir, Bandung, Jawa Barat, Indonesia: Telkom University, 2016.
- [2] Marolop Hengki Rianto "PERANCANGAN, SIMULASI DAN REALISASI BPF MIKROSTRIP HAIRPIN UNTUK APLIKASI WI-FI PADA FREKUENSI 5,725-5,875 GHZ " M.S. Tugas Akhir, Bandung, Jawa Barat, Indonesia: Telkom University, 2011.
- [3] Hong, Jia-Seng, and M.J. Lancaster. 2001. *Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*. New York: Wiley and Sons.
- [4] Kinayman, Noyan, and M.I. Aksun. 2005. *Modern Microwave Circuits*. Artech House, Inc
- [5] Pozar, David M. 2012. *Microwave Engineering*. United States: John Wiley & Son, Inc.
- [6] Cristal, E., and S. Frankel. 1972. "Hairpin-Line and Hybrid HairpinLine/Half-Wave Parallel-Coupled-Line Filters." *IEEE Trans. on MTT* 20 (11): 719-728.
- [7] J. Geier, *Designing and deploying 802.11n Wireless network*, 2010.
- [8] Hali, Hasan. 2015. design & size reduction analysis of micro strip hairpin