

BANDPASS FILTER COUPLED LINE COMPACT 5250 MHz UNTUK WiFi 802.11AC

COUPLED LINE COMPACT BANDPASS FILTER 5250 MHz FOR WiFi 802.11AC

Romario Johanes Impola Tamba¹, Dr. Ir. Heroe Wijanto M.T², Dr. Ir. Yuyu Wahyu M.T.³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹romario@student.telkomuniversity.ac.id, ²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id,
³yuyuwahyusr@gmail.com

Abstrak

Dengan perkembangan teknologi dan informasi sekarang yang semakin cepat maka diperlukan suatu sistem yang dapat menyampaikan informasi dengan cepat dan akurat kepada user. Ditambah dengan kebiasaan user yang sering berpindah tempat (mobile) maka diperlukan teknologi dengan sistem nirkabel yang dapat memenuhi kebutuhan user yang mobile tersebut. Salah satu teknologi dari komunikasi nirkabel adalah Wi-Fi (802.11). Karena alasan tersebut, maka perlu dibuatlah sebuah filter yang dapat mengakomodir dari sistem kanal dari 802.11AC yaitu band pass filter yang memiliki lebar pita 160 MHz. Perancangan *bandpass filter* ini menggunakan metode *coupled line compact*, dan menggunakan respon frekuensi *chebyshev*, karena *filter* ini diharuskan memiliki tingkat selektivitas yang bagus. *Filter* ini dirancang dengan menggunakan substrat bahan dielektrik Roger 4003 dengan nilai permitifitas relatif 3,38 dan dengan tebal substrat 0,813 mm. dimensi filter yang dihasilkan adalah 60.45 mm x 41,8 mm dengan lebar bandwidth 160 MHz. hasil pengukuran return loss pada frekuensi tengah (5250 MHz) adalah -23,370 dB, insertion loss sebesar -2,374 dB, VSWR sebesar 1,1478 dan Impedansi sebesar 57,05 Ω .

Kata Kunci: *filter, WiFi 802.11ac, Coupled line compact, Chebyshev*

Abstract

With the development of technology and information which now is more faster. Then, needed a system that can convey information quickly and accurately to the user. Coupled with the habits of users who are often mobile (mobile) is required technology with a wireless system that can meet the needs of the mobile user. One of the technologies of wireless communication is Wi-Fi (802.11). For this reason, it is necessary to construct a filter that can accommodate from a channel system of 802.11AC that is a band pass filter having a bandwidth of 160 MHz. The design of this bandpass filter uses the coupled line compact method, and uses the chebyshev frequency response, since this filter is required to have a good selectivity level. The filter was designed using a Roger 4003 dielectric material substrate with a relative permissive value is 3.38 and with a substrate thickness is 0.813 mm. the result of filter dimension are 60.45 mm x 41.8 mm with a bandwidth of 160 MHz. result of return loss measurement at middle frequency (5250 MHz) is -23,370 dB, insertion loss is -2,374 dB, VSWR is 1,1478 and impedance is 57,05 Ω .

Keywords : *filter, WiFi 802.11ac, Coupled line compact, chebyshev*

1. Pendahuluan

Tingginya pengguna layanan telekomunikasi yang menuntut fleksibilitas dalam berkomunikasi sehingga dapat menunjang aktivitas yang dilakukan oleh pengguna, oleh karena itu komunikasi dilakukan dengan tidak menggunakan kabel atau wireless yang membuat pengguna layanan telekomunikasi dapat bebas menggunakan layanan dimana pun mereka berada.

IEEE 802.11ac adalah standarisasi wireless generasi kelima yang memiliki kecepatan tiga kali lebih tinggi dari versi sebelumnya 802.11n. 802.11ac ini sering disebut sebagai 'Gigabit Wifi' atau 5G WiFi. Meskipun teknologi 4G broadband belum sepenuhnya bisa di implementasikan diseluruh dunia karena ketatnya regulasi dan terhambat besarnya dana, telah hadir protokol baru 802.11ac atau teknologi 5G WiFi yang kecepatannya mampu mencapai 1,3 Gbps. Jadi, 802.11ac ini adalah standar nirkabel pertama yang sanggup memecah penghalang gigabit.

Meski belum sepopuler seperti 802.11n atau wireless-N, 802.11ac adalah penyempurnaan dari 802.11n, ini berarti bahwa 5G WiFi akan mendukung client N dan client 5G WiFi juga dapat terhubung ke router N. Jadi, semua wireless-N kompatibel dengan standar nirkabel sebelumnya termasuk diantaranya 802.11g, 802.11b, dan 802.11a. Untuk menghindari adanya gangguan dari frekuensi lain dalam proses komunikasi, oleh karena itu dibutuhkan filter untuk memisahkan spektrum frekuensi yang luas. Filter berfungsi sebagai komponen yang meloloskan suatu pita frekuensi tertentu dan meredam pita frekuensi di luar frekuensi kerjanya.

Penelitian ini akan menggunakan metode *coupled line compact*.

Coupled line compact atau sering juga di sebutkan dengan *coupled line* merupakan metode yang sudah umum digunakan. Keunggulan dari metode ini adalah tingkat kompleksitasnya yang tidak rumit, dan biaya dalam perancangan rendah dibandingkan dengan metode *pseudo interdigital*, *compline* ataupun *hairpin*. Teknik perancangannya adalah dengan meletakkan resonator sejajar satu dengan yang lainnya dengan jarak setengah dari Panjang resonator lainnya. Dengan menggunakan Teknik perancangan seperti ini, diharapkan metode *coupled line compact* ini dapat meningkatkan kinerja filter sesuai dengan spesifikasi yang di harapkan.

Penelitian ini merancang dan merealisasikan *bandpass filter*, menggunakan respon frekuensi *chebyshev*, yang diperuntukan untuk penggunaan sistem wifi 802.11ac, dengan frekuensi kerja 5170 – 5330 MHz, memiliki bandwidth sebesar 160 MHz, dengan frekuensi tengah 5250 MHz.

2. Dasar teori

A. WiFi 802.11 AC

IEEE 802.11AC merupakan standarisasi wireless generasi ke lima yang memiliki kecepatan tiga kali lebih cepat dibandingkan generasi sebelumnya yaitu IEEE 802.11N. standarisasi 802.11AC sudah di tetapkan oleh IEEE pada akhir tahun 2013 lalu. 802.11ac memiliki beberapa kelebihan antara lain dapat menyediakan jaringan nirkabel untuk menopang kebutuhan pengguna di masa yang akan datang, mengingat tuntutan pada jaringan WiFi dari *gadget* akan semakin meningkat. IEEE 802.11AC menggunakan spektrum frekuensi 5 GHz, dengan lebar bandwidth masing - masing kanal adalah 80 MHz dan maksimalnya adalah 160 MHz[1].

B. Filter

Filter adalah suatu perangkat yang berada pada system blok komunikasi yang berada pada sisi pengirim maupun penerima. Filter berguna untuk meloloskan suatu band frekuensi tertentu dan meredakan sinyal dari band frekuensi yang tidak di inginkan. Filter dapat dibagi berdasarkan daerah *passband* dan *stopband*nya. *Passband* merupakan daerah frekuensi yang diloloskan sedangkan *stopband* merupakan daerah frekuensi yang tidak diloloskan. Daerah *passband* dibatasi oleh frekuensi *cut off*, yaitu frekuensi sinyal dimana pada frekuensi tersebut daya turun setengah kali dari daya sinyal atau sebesar 3 dB dari frekuensi *passband* [2].

C. Parameter Filter

Sebelum memulai perancangan sebuah filter, terlebih dahulu harus menentukan spesifikasi sebuah filter tersebut agar hasil yang di hasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan atau paling tidak mendekati dengan spesifikasi filter tersebut. Parameter yang perlu di perhatikan untuk mengevaluasi kinerja suatu filter adalah *Scattering Parameter*, *Return Loss*, *Insertion Loss*, *Q-factor* dan *Voltage Stand Wave Ratio*(VSWR)

D. Filter Coupled Line Compact

Filter *Coupled Line Compact* atau sering di sebut sebagai *Coupled filter* merupakan metode yang sudah umum digunakan. Metode ini memiliki beberapa keuntungan di bandingkan metode yang lain seperti *interdigital* maupun *hairpin* seperti perancangannya yang tidak begitu rumit, dan juga pada saat perealisasiannya tidak begitu mahal di bandingkan yang lainnya.

Teknik perancangannya adalah menempatkan resonator yang berdekatan diposisikan sejajar satu sama lain sepanjang setengah dari resonator lainnya. Strip disusun sejajar dekat satu sama lain , sehingga mereka digabungkan dengan faktor kopling tertentu. Untuk merancang filter dengan metode *coupled line* menggunakan persamaan berikut[7]:

$$\frac{J_{01}}{Y_0} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \frac{FBW}{g_0 g_1} \quad (1)$$

$$\frac{J_{j,j+1}}{Y_0} = \frac{\pi FBW}{2} \times \frac{1}{\sqrt{g_j g_{j+1}}} \quad (2)$$

$$\frac{J_{n,n+1}}{Y_0} = \frac{\pi FBW}{2 g_n g_{n+1}} \quad (3)$$

Untuk $j=1$ dan $n=1$

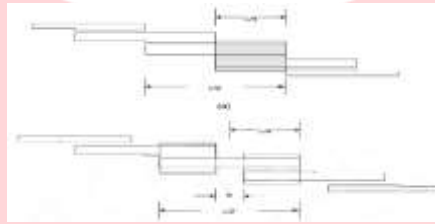
g_0, g_1, \dots, g_n dapat diambil dari tabel *chebyshev* 0,1 dB (*g-value*), FBW adalah *fractional bandwidth* seperti yang dijelaskan sebelumnya. Y_0 merupakan karakteristik masukan terminal[5]. Y_0 di tentukan dengan $1/Z_0$ ($Z_0 = 50\Omega$).

Dengan data hasil perhitungan diatas kita dapat menghitung impedansi ganjil dan impedansi genap, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut[5] ;

$$(Z_{oe})_{j,j+1} = \frac{1}{y_0} \left[1 + \frac{J_{j,j+1}}{Y_0} + \left(\frac{J_{j,j+1}}{Y_0} \right)^2 \right] \quad (4)$$

Untuk $j = 0$ sampai n ,

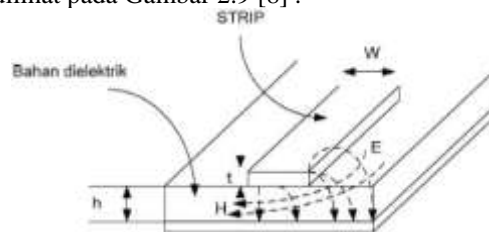
$$(Z_{oo})_{j,j+1} = \frac{1}{y_0} \left[1 - \frac{J_{j,j+1}}{y_0} + \left(\frac{J_{j,j+1}}{y_0} \right)^2 \right] \quad (5)$$



Gambar 1. Filter coupled line compact[3]

E. Saluran Mikrostrip

Microstrip line merupakan media transmisi planar yang digunakan di dalam rangkaian RF dan *microwave* yang populer karena bisa dibuat dengan proses photolithographic. Mikrostrip sendiri terdiri atas conductor strip dan ground plane yang diantaranya diberikan medium dielektrik dengan konstanta (ϵ_r) dan bidang dasar konduktor (*ground plane*) di sisi lainnya. Pada dasarnya saluran mikrostrip adalah sebuah saluran oleh 2 dielektrik yang mengapitnya., yaitu sebuah bahan dielektrik lainnya ($\epsilon_r > 1$) dan dielektrik udara ($\epsilon_r = 1$) dimana akan meradiasi rangkaian apabila tidak ada shielding diatas medium dielektrik. Bentuk geometris dari mikrostrip dapat dilihat pada Gambar 2.9 [8].



Gambar 2. Penampang saluran mikrostrip dan distribusi medan magnetik dan medan Listrik[4]

berikut ini adalah persamaan menentukan impedansi karakteristik dari saluran transmisi mikrostrip[5]:

$$\frac{W_{lst}}{h} > 1, \text{ Maka : } \epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \times \frac{h}{W_{lst}}}} \right] \quad (6)$$

$$\frac{W_{lst}}{h} < 1, \text{ Maka } = \epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \times \frac{h}{W_{lst}}}} + 0,04 \times \left(1 - \frac{w}{2} \right)^2 \right] \quad (7)$$

Dimana:

$$\frac{W_{lst}}{h} = \frac{2}{\pi} \times \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2 \times \epsilon_r} \times \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right] \quad (8)$$

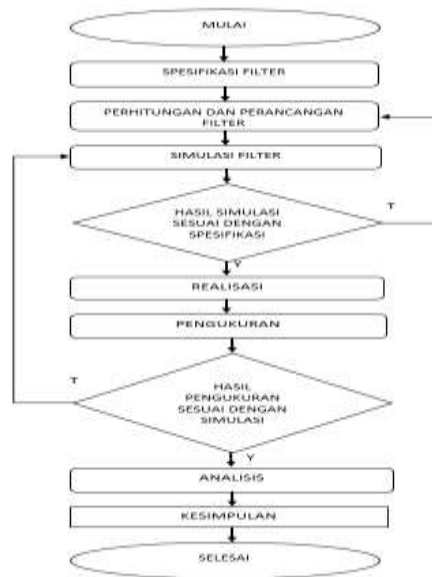
Dimana :

$$B = \frac{60 \times \pi^2}{Z_0 \times \sqrt{\epsilon_r}} \quad (9)$$

3. Perancangan

A. Perancangan Sistem

Pada pembuatan tugas akhir kali ini akan melalui beberapa tahap, agar memiliki alur penelitian yang jelas sehingga mempermudah proses pengerjaan tugas akhir. Tahapan-tahapan tersebut akan ditampilkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*), seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3. Diagram alir proses perancangan dan realisasi BPF

B. Penentuan Spesifikasi Filter

Dalam perancangan filter langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan spesifikasi yang meliputi frekuensi tengah, *Bandwidth*, *Insetion Loss*, serta *Return Loss*, adapun spesifikasi yang akan digunakan *band pass filter* yang akan dibuat pada tugas akhir kali ini sebagai berikut:

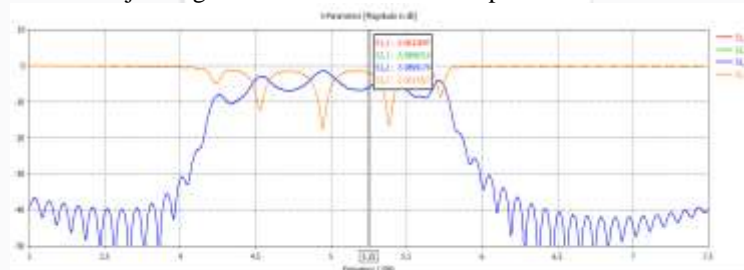
Tabel 1. Spesifikasi BPF *Coupled Line Compact*

Frekuensi Tengah	5,25 GHz
Rentang Frekuensi	5,17 GHz – 5,33 GHz
Impedansi Karakteristik	50Ω
<i>Bandwidth</i>	160 MHz
<i>Insertion Loss</i>	≥ -3dB
<i>Return Loss</i>	≤ -15 dB

C. Perancangan dan Simulasi Filter

Berdasarkan persamaan 1 sampai persamaan 9 akan merancang filter coupled line compact. Setelah melakukan perancangan kita akan melakukan simulasi menggunakan software simulator.

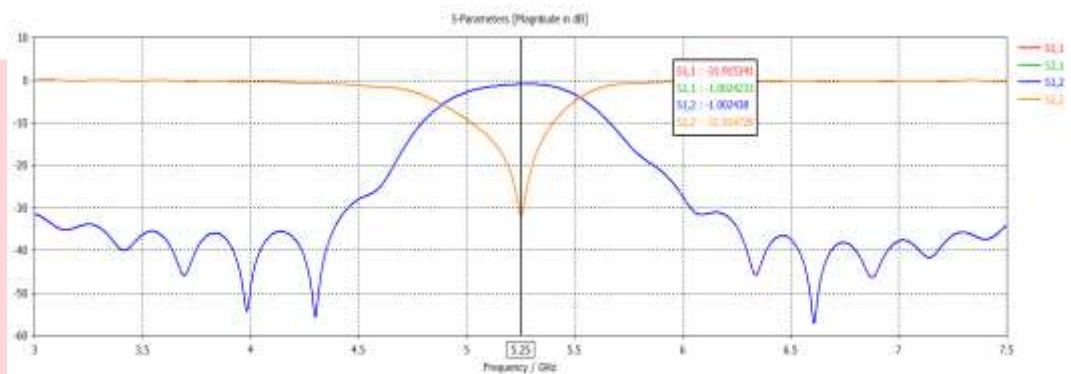
Dibawah ini akan ditunjukkan gambar hasil simulasi awal pada software simulator



Gambar 4. Hasil Simulasi Filter

Hasil yang diperoleh dari simulasi tersebut, *Return Loss* -2.06 dB, *Insetion Loss* -5,9 dB dan juga letak frekuensi tengah belum tepat di 5,25 GHz

Hasil simulasi awal menunjukkan parameter filter masih belum sesuai dengan spesifikasi, oleh karenanya dilakukan proses optimasi agar parameter dapat sesuai dengan spesifikasi awal. Berikut hasil parameter dan ukuran setelah optimasi.



Gambar 5. Hasil simulasi optimasi akhir

Dari hasil optimasi tersebut menghasilkan spesifikasi filter memiliki nilai *Insertion loss* sebesar -1,002 dB serta *Return loss* sebesar -31,9 dB difrekuensi tengah 5,25 GHz. Hasil tersebut sudah memenuhi target spesifikasi awal. Untuk dimensi filter setelah optimasi dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2. Perbandingan Panjang dan lebar resonator sebelum dan sesudah optimasi

Reso nator	Sebelum Optimasi		Setelah Optimasi	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)
A1	8.743	1.921	8	1.8
A2	8.743	1.921	8.175	0.7
B1	8.743	1.921	8.175	0.7
B2	8.743	1.921	8.175	2
C1	8.743	1.921	8.175	2
C2	8.743	1.921	8.175	2
D1	8.743	1.921	8.175	2
D2	8.743	1.921	8.175	2
E1	8.743	1.921	8.175	2
E2	8.743	1.921	8.175	2
F1	8.743	1.921	8.175	2
F2	8.743	1.921	8.175	0.7
G1	8.743	1.921	8.175	0.7
G2	8.743	1.921	8	1.8

Tabel 3. Perbandingan jarak antar resonator sebelum dan sesudah optimasi

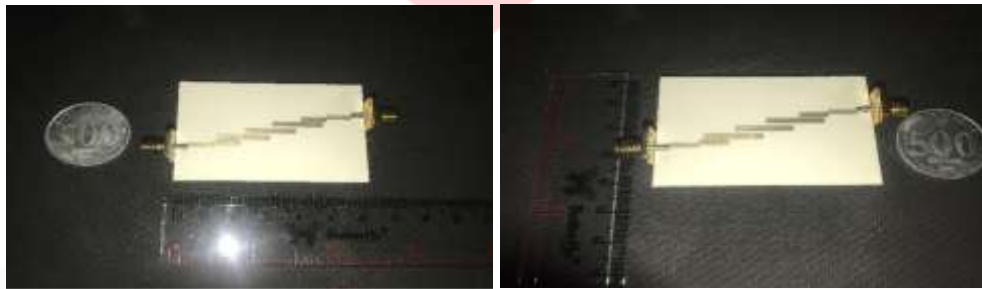
Gap	Sebelum Optimasi	Setelah Optimasi
	Jarak (mm)	Jarak (mm)
1	0.325 mm	0.255 mm
2	0.329 mm	0.25 mm
3	0.33 mm	1 mm
4	0.32 mm	1 mm
5	0.325 mm	0.25 mm
6	0.321 mm	0.255mm

Tabel 4. Perbandingan pergeseran resonator sebelum dan sesudah optimasi

Resonator	Sebelum	Sesudah
	Geser ke(mm)	Geser ke (mm)
1,2,3	0 mm	Kiri 0,5 mm
1,2	0 mm	Kiri 1,2 mm
1	0 mm	0 mm
5,6,7	0 mm	Kanan 0,5 mm
6,7	0 mm	Kanan 1,2 mm
7	0 mm	0 mm

E. Realisasi Filter

Setelah hasil optimasi mendapatkan nilai spesifikasi yang diinginkan kemudia dilakukan proses pabrikasi, hasil dari proses tersebut ditunjukkan pada gambar.

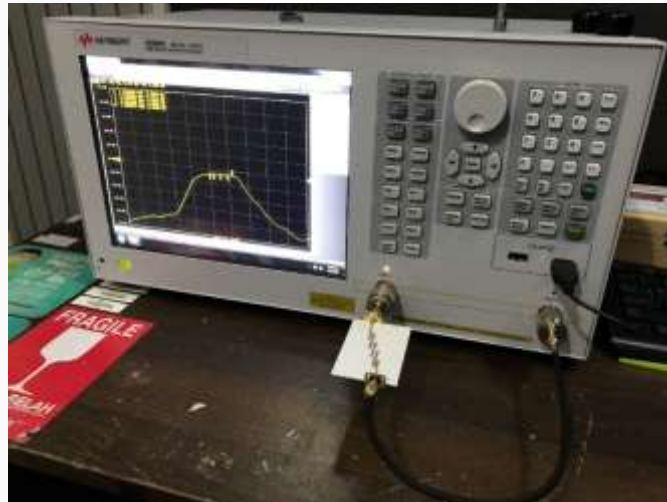


Gambar 6. Realisasi BPF Coupled Line Compact

4. Pengukuran dan Analisis

A. Pengukuran Filter

Proses pengukuran dilakukan pada parameter S yaitu S11 dan S21 dimana dapat menunjukan nilai dari parameter yang telah ditentukan, *insertion loss*, *return loss*, serta *bandwidth*. Pengukuran dilakukan menggunakan alat *Virtual Network Analyzer E5063A*



Gambar 7. Proses pengukuran

B. Hasil Pengukuran Filter

Hasil yang didapatkan pada beberapa parameter belum memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan hanya *Return loss* pada filter mikrostrip yang sesuai. Berikut ini adalah hasil dari pengukuran filter *Coupled Line Compact Loop* dapat dilihat pada gambar



Gambar 8 Hasil pengukuran S11 (*Return Loss*) dan S21 (*Insertion Loss*)

Dari proses pengukuran diketahui hasilnya memiliki nilai *Insertion loss* sebesar -2.374 dB serta *Return loss* sebesar -23.370 dB. Ini menunjukkan bahwa hasil realisasi filter sudah memenuhi spesifikasi. Akan tetapi hasil realisasi tidak sebaik hasil optimasi. ini di sebabkan karena kurangnya ketelitian yang mengakibatkan adanya perubahan variabel pada saat dilakukannya realisasi, khususnya pada jarak antar resonator

5.1 Kesimpulan

1. Return loss yang didapatkan setelah hasil optimasi adalah -31,915 dB dan setelah realisasi return loss yang di dapatkan adalah sebesar -23,370 dB. Keduanya telah memenuhi spesifikasi yang di tentukan yaitu ≤ 15 dB. Akan tetapi nilai return loss setelah pengukuran menurun dari hasil return loss setelah optimasi.
2. Insertion loss yang didapatkan setelah hasil optimasi sebesar -1.0024 dB dan setelah pengukuran nilai insertion loss yang didapatkan sebesar -2,374 dB. Keduanya sudah memenuhi spesifikasi yang di tentukan yaitu ≥ 3 dB. Akan tetapi nilai insertion loss yang didapatkan setelah pengukuran mengalami penurunan dari insertion loss setelah proses optimasi.
3. VSWR yang di dapatkan setelah proses optimasi sebesar 1.0521 dan vswr yang didapatkan setelah pengukuran adalah 1,1478. Keduanya sudah memenuhi dari spesifikasi yang ditentukan yaitu $\leq 1,5$.
4. Impedansi yang dihasilkan setelah proses optimasi adalah $50,376 \Omega$ dan impedansi yang didapatkan setelah pengukuran adalah $57,05 \Omega$. Impedansi karakteristik dari filter ini adalah 50Ω . Hal ini di sebabkan karena proses fabrikasi yang kurang optimal. karena filter frekuensi tinggi akan sangat sensitif kepada setiap perubahan.
5. Insertion loss dan bandwidth di pengaruhi oleh jarak antar resonator. Semakin dekat jarak antar resonator mengakibatkan insertion loss semakin bagus, akan tetapi menyebabkan bandwidth semakin lebar. Sebaliknya, jika jarak antar resonator semakin jauh akan mengakibatkan insertion loss semakin kecil akan tetapi bandwidth semakin sempit.

5.2 Saran

1. Pengaplikasian filter pada frekuensi yang lebih rendah, karena jika digunakan pada frekuensi tinggi maka dimensi filter akan semakin kecil. Itu akan mempersulit pada proses fabrikasi karena dibutuhkan ketelitian yang lebih agar tidak mengubah respon frekuensi pada saat pengukuran. Karena semakin tinggi frekuensi kerja pada filter, maka filter akan semakin sensitif terhadap perubahan variabel.
2. Proses fabrikasi harus lebih teliti karena perubahan variabel sekecil apapun sangat berpengaruh pada respon frekuensi saat pengukuran, terutama pada saat proses penyolderan konektor agar dapat meminimalisir loss yang ada.
3. Sebaiknya dilakukan pengukuran di tempat yang minim pantulan dan minim interfrensi.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan mendapatkan lebar bandwidth yang lebih sempit. Sehingga memenuhi spesifikasi yaitu 160 MHz

6. Daftar Pustaka

- [1] Nader AL-Ghazu, study of the “A Next WLAN Standard IEEE 802.11ac Physical Layer”, Master of Science Thesis Stockholm, Sweden 2013.
- [2] Bowick, Chris. RF Circuit Design, second edition. Newness. 2007.
- [3] Jayaseelan Marimuthu, Mazlina Esa and S-Kamilah Yusof, “Single-Stage Parallel Coupled Microstrip Line Bandpass Filter using Weak Coupling Technique,” 2008 IEEE international RF and Microwave conference Proceeding.
- [4] K.Vidhya and T.Jayanthi. “Design of Microstrip Hairpin Bandpass Filter using Defected Ground Tructure and Open Stub”. IEEE 2011 International Conference on Information and Electronic Engineering.
- [5] Hong, Jia-Seng, and M.J. Lancaster. 2011. Microstrip Filters for RF/Microwave Applications. New York: Wiley and Sons.