

Desain Band Pass Filter Untuk Jaringan WiMAX 3.5 GHz

Novri Valentino*, Ery Safrianti**, Linna Oktaviana S**,

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: novrivalentino@gmail.com

ABSTRACT

The development of Broadband Wireless Access (BWA) today, not only the connections that are needed, but also speed internet access and large capacity. One of the BWA technology is currently used in IEEE 802.16d WiMAX standard. IEEE 802.16d WiMAX standard using a frequency of 3.5 GHz. Indonesian satellite using the same frequency with the frequency of WiMAX. To avoid interference between WiMAX and satellite receivers need to filter WiMAX. Band pass filter is present as a solution to overcome the problem of interference between WiMAX and Satellite. In this final report discusses the design of bandstop filter circuit consisting of components - namely passive components, inductors and capacitors. Responses were used in this design is the Chebyshev response for Chebyshev response can result in a high degree of steepness of the passband to stopband.

Keywords : FM Modulator, Modulated Signal, Phase Locked Loop, Carrier Signal, Information Signal.

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan manusia dalam teknologi informasi dan telekomunikasi telah memicu perkembangan yang sangat cepat dalam segala aspek yang berhubungan dengan bidang ini. Salah satu yang berperan penting dalam menyambungkan sistem telekomunikasi dan informatika adalah teknologi jaringan. Pesatnya perkembangan teknologi saat ini, dimana permintaan akan kebutuhan informasi bukan hanya sekedar informasi suara atau data saja, tetapi sudah mencakup gabungan informasi suara, data dan video. Sehingga di butuhkan bandwidth dan kecepatan transmisi yang semakin besar.

Teknologi *broadband* dapat dibedakan atas lima teknologi, yaitu *Digital Subscriber Line* (DSL), Modem Kabel,

Broadband Wireless Access (BWA yaitu WiMAX dan Wifi), Satelit dan Seluler. Dari kelima Teknologi tersebut, Teknologi DSL digunakan oleh operator untuk optimasi penggunaan *copper* pada *fixed* telephone dan lebih ekonomis. Namun, Teknologi BWA yang banyak mendapat perhatian baik dari calon operator, vendor dan *user* adalah WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). WiMAX memiliki banyak keunggulan dibandingkan teknologi WiFi.

Worldwide interoperability for microwave access (WiMAX) muncul sebagai teknologi *broadband wireless access* (BWA) baru yang dapat memenuhi kebutuhan komunikasi data untuk mendukung layanan multimedia interaktif

seperti *teleconference*, *video streaming* dan *wireless internet*. Teknologi WiMAX mampu mentransfer data dengan kecepatan tinggi dan cakupan area yang lebih luas dengan biaya murah. Namun gangguan pada sistem telekomunikasi ini dapat terjadi karena mempunyai spektrum frekuensi yang hampir sama atau saling berdekatan dengan sistem telekomunikasi lain. Untuk dapat menghindari adanya gangguan dengan *channel* lain saat melakukan komunikasi, dibutuhkanlah sebuah *filter*.

Sementara itu spektrum RF terdiri dari cukup banyak jangkauan frekuensi. Untuk dapat menghindari adanya gangguan dengan kanal lain saat melakukan komunikasi, maka dibutuhkanlah sebuah metode yang mengijinkan kita untuk memisahkan spektrum yang luas ini untuk pentransmisi dan penerimaan. Hal ini biasa dilakukan dengan menggunakan sebuah *filter*.

Filter adalah sebuah rangkaian yang berfungsi untuk melewatkan suatu pita frekuensi tertentu sekaligus memperlemah semua isyarat di luar pita ini. *Band pass filter* (BPF) adalah rangkaian yang melewatkan frekuensi pada daerah tertentu di antara frekuensi *cut-off* pertama dan frekuensi *cut-off* kedua dan meredam frekuensi di luar daerah tersebut (Khomsati, 2009). Contoh dari analog elektronik *band pass filter* adalah sirkuit RLC (resistor-induktor-kapasitor). Pada dasarnya rangkaian *band pass filter* dibangun dari penggabungan *band pass filter* dan *high pass filter*.

Pada saat ini laboratorium Telekomunikasi telah memiliki perangkat *Bridging WiMAX* difrekuensi 3,5 GHz hibah dari Lintasarta. Perangkat tersebut akan dimanfaatkan untuk pelaksanaan praktikum di Laboratorium Telekomunikasi. Uji coba pada perangkat tersebut harus

dilakukan pada kondisi khusus di dalam ruangan dengan transmisi daya harus di seting pada posisi paling minimal karena berpotensi mengganggu komunikasi satelit yang bekerja pada frekuensi yang sama. Disisi lain komunikasi satelit pun dapat mengganggu sinyal yang diterima *remote station* WiMAX.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka pada penelitian berbasis laboratorium ini akan dirancang *band pass filter* pasif menggunakan komponen dasar yang berfungsi menolak frekuensi 3,5 GHz pada suatu level daya pancar sehingga dapat meredam interferensi antara komunikasi WiMAX dan komunikasi satelit.

Pengertian WiMAX

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) adalah sebuah tanda sertifikasi untuk produk-produk yang lulus tes dan sesuai dengan standar IEEE 802.16. WiMAX adalah sebuah teknologi nirkabel yang mengoptimalkan pelayanan IP centric untuk daerah yang luas dan tanda sertifikasi untuk perangkat sesuai dengan standar IEEE 802.16 serta WiMAX adalah sebuah Platform untuk membangun alternative dan pelengkap dari jaringan broadband (Pareek, 2006).

WiMAX merupakan teknologi nirkabel yang menyediakan hubungan jalur lebar dalam jarak jauh. WiMAX merupakan teknologi *broadband* yang memiliki kecepatan akses yang tinggi dan jangkauan yang luas. WiMAX merupakan evolusi dari teknologi BWA sebelumnya dengan fitur-fitur yang lebih menarik. Disamping kecepatan data yang tinggi mampu diberikan, WiMAX juga membawa isu *open standart*. Dalam arti komunikasi perangkat WiMAX diantara beberapa vendor yang berbeda tetap dapat dilakukan (tidak *proprietary*). Dengan kecepatan data yang

besar (sampai 70 MBps), WiMAX layak diaplikasikan untuk *'last mile' broadband connections, backhaul, dan high speed enterprise*.

Yang membedakan WiMAX dengan Wi-Fi adalah standar teknis yang bergabung di dalamnya. Jika WiFi menggabungkan standar IEEE 802.11 dengan ETSI (*European Telecommunications Standards Intitute*) HiperLAN sebagai standar teknis yang cocok untuk keperluan WLAN, sedangkan WiMAX merupakan penggabungan antara standar IEEE 802.16 dengan standar ETSI HiperMAN.

Standard dan Aplikasi WiMAX

Standar yang digunakan WiMAX mengacu pada standar IEEE 802.16. Varian dari standar 802.16 ini ialah : 802.16, 802.16a, 802.16d dan 802.16e. Varian standar 802.16 yang diadopsi WiMAX untuk penggunaan komunikasi tetap atau *Fixed Wireless Access (FWA)* adalah 802.16d atau 802.16-2004 yang telah direvisi pada tahun 2004. Selanjutnya, varian yang digunakan untuk komunikasi bergerak (*mobile*) ialah 802.16e(Firdaus, 2011).

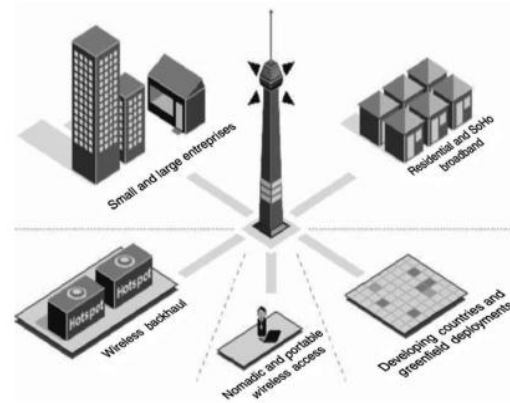
Tabel 1. Standar WiMAX
(Pareek, 2006)

	802.16	802.16a	802.16e
Completed	2001	2003	2005
Spectrum	10-66 GHz	2-11 GHz	2-6 GHz
Channel conditions	Line-of-sight Only	Non-line-of-sight	Non-line-of-sight
Bit rate	32-134 Mbps at 28 MHz channelization	Up to 75 Mbps at 20 MHz channelization	Up to 15 Mbps at 5 MHz channelization
Modulation	QPSK, 16QAM and 64QAM	OFDM 256 sub-carriers QPSK, 16QAM, 64QAM	Same as 802.16a
Mobility	Fixed	Fixed	Pedestrian mobility - regional roaming
Typical cell radius	1-3 miles	4-6 miles; Maximum range 30 miles based on tower height, antenna gain and transmit power	1-3 miles

Standar 802.16d diperuntukan bagi layanan yang bersifat *fixed* maupun

nomadic. Sistem ini menggunakan OFDM dan mendukung untuk kondisi lingkungan LOS dan NLOS. Perangkat 802.16d biasanya beroperasi pada *band* frekuensi 3.5 GHz dan 5.8 GHz. Standar WiMAX 802.16e mendukung untuk aplikasi *portable dan mobile* sehingga dikondisikan mampu *handoff dan roaming*. Sistem ini menggunakan teknik SOFDMA, teknik modulasi *multi-carrier* yang menggunakan *sub-channelisasi*. 802.16e juga bisa dimanfaatkan untuk meng-*cover* pelanggan yang bersifat *fixed* (tetap). 802.16e memanfaatkan *band* frekuensi 2.3 GHz dan 2.5 GHz (Firdaus, 2011).

WiMAX dapat diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan telekomunikasi. Pada gambar 3 terdapat berbagai contoh penggunaan aplikasi WiMAX.



Gambar 1. Aplikasi WiMAX
(Pareek, 2006)

WiMAX memiliki 2 jenis layanan *wireless* yaitu LOS dan NLOS (Pareek, 2006):

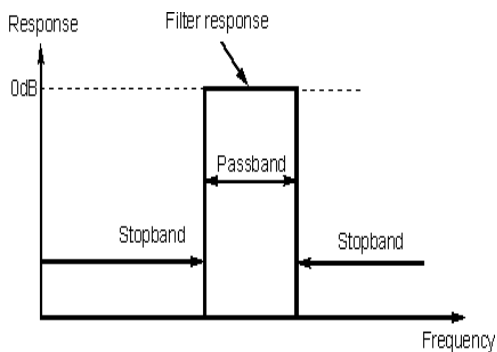
1. *Non-Line-Of-Sight*, jenis layanan seperti WiFi, dimana sebuah antenna kecil pada perangkat terhubung ke menara. Dalam layanan ini, WiMAX mempergunakan **lower frequency range** – 2 GHz sampai 11 GHz (sama dengan WiFi).

2. *Line-Of-Sight*, dimana sebuah menara WiMAX terhubung langsung ke menara lainnya. Koneksi *line-of-sight* lebih kuat dan

stabil, sehingga koneksi ini mampu mengirimkan banyak data dengan tingkat *error* yang rendah. *Tranmisi line-of-sight* mempergunakan frekuensi yang lebih tinggi, dengan kemampuan sampai pada 66 GHz. Pada frekuensi yang lebih tinggi terdapat interferensi yang lebih rendah dan *bandwidth* yang lebih besar.

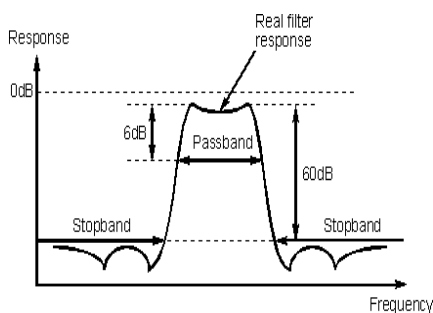
Filter

Filter adalah sebuah rangkaian yang berfungsi untuk melewatkan satu pita frekuensi tertentu sekaligus memperlemah semua isyarat diluar frekuensi pita tersebut (Khomsati, 2009).



Gambar 2. Bentuk *Filter* Ideal (Bowick, 1982)

Gambar 2 merupakan gambar dari respon *filter* yang sempurna. Hanya saja dalam praktiknya hal ini tidak mungkin terjadi dikarenakan karakter fisik dari komponen-komponen yang menyusunnya. Tidak ada komponen yang sempurna dan karena itulah tidak akan ada filter yang sempurna.

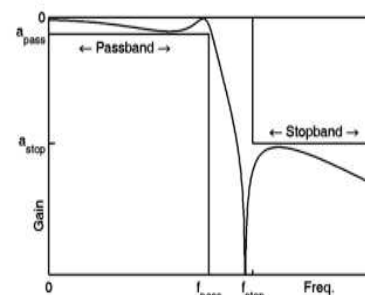


Gambar 3. Respon *Filter* dalam Praktiknya (Bowick, 1982)

Sedangkan gambar 3 adalah respon *filter* dalam praktiknya.

Low Pass Filter

Low Pass Filter adalah sebuah rangkaian yang tegangan keluarannya tetap dari dc naik sampai ke suatu frekuensi *cut-off* f_c . Bersama naiknya frekuensi di atas f_c , tegangan keluarannya diperlemah (turun). *Filter Low Pass* adalah jenis *filter* yang melewatkan frekuensi rendah serta meredam/menahan frekuensi tinggi.

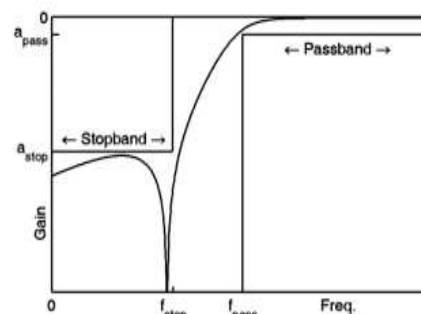


Gambar 4. Respon *Filter* LPF (YYePG, 2004)

High Pass Filter

High Pass Filter memperlemah tegangan keluaran untuk semua frekuensi di bawah frekuensi *cut-off* f_c . Di atas f_c , besarnya tegangan keluaran tetap.

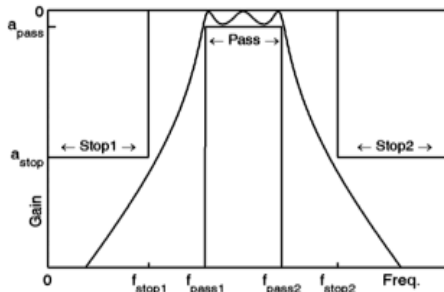
Pengertian lain dari *High Pass Filter* yaitu jenis *filter* yang melewatkan frekuensi tinggi serta meredam/menahan frekuensi rendah. Bentuk respon HPF seperti ditunjukkan gambar di bawah ini.



Gambar 5. Respon *Filter* HPF (YYePG, 2004)

Band Pass Filter

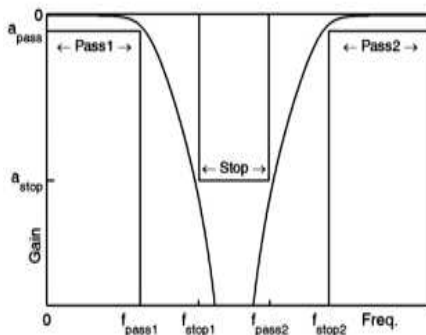
Band Pass Filter hanya melewatkan sebuah pita frekuensi dan memperlemah semua frekuensi di luar pita itu. Pengertian lain dari *Band Pass Filter* adalah filter yang melewatkan suatu *range* frekuensi.



Gambar 6. Respon *Filter BPF* (YYePG, 2004)

Band Elimination Filter

Filter Band Elimination yaitu *filter* yang menolak pita frekuensi tertentu seraya melewatkan semua frekuensi diluar pita itu. Bisa juga disebut *Band Reject* merupakan kebalikan dari *Band Pass*, yaitu merupakan filter yang menolak suatu *range* frekuensi.

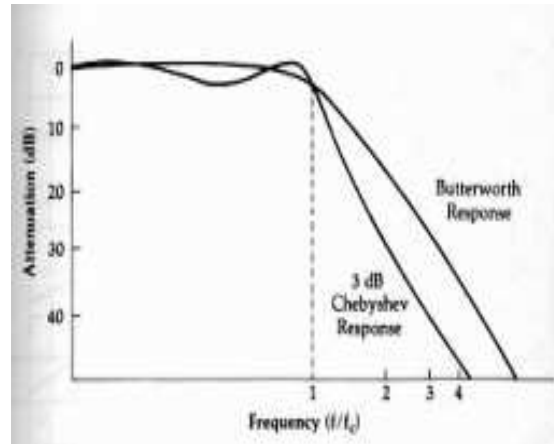


Gambar 7. Respon *Filter BRF* (YYePG, 2004)

Chebyshev Response

Filter chebyshev biasanya digunakan ketika *filter* yang akan dirancang membutuhkan tingkat kecuraman yang tinggi dari *passband* ke *stopband*nya. Pada daerah *passband*, *filter chebyshev* tidak sedatar *butterworth*. Pada *filter chebyshev* masih diizinkan untuk adanya *ripple*.

Semakin banyak *ripple* yang muncul, kemiringan awal pada *stopband* akan meningkat dan menghasilkan lebih banyak kurva *attenuasi rectangular* ketika dibandingkan dengan *filter butterworth*. Respon *chebyshev* memiliki ketajaman yang lebih besar dibandingkan *butterworth*.



Gambar 8. Respon Frekuensi *Chebyshev Filter* dan *Butterworth Filter* (YYePG, 2004)

Komponen Pasif Pada Frekuensi radio

COMPONENT	LF BEHAVIOR	HF BEHAVIOR	TRUE RF RESPONSE
WIRE			
CAPACITOR			
INDUCTOR			
RESISTOR			

Gambar 9. Sifat komponen pada frekuensi tinggi (Sayre, 2008)

Komponen pasif dasar dari suatu rangkaian elektronika terdiri dari resistor, kapasitor dan induktor. Pada gambar 9 terlihat ketiga komponen ini pada frekuensi yang lebih tinggi mempunyai resistansi, kapasitansi dan induktansi parasitik yang tidak diinginkan dimana hal ini sudah menjadi sifat alami

yang harus diperhitungkan saat melakukan desain, simulasi dan layout pada suatu rangkaian *wireless*.

Return Loss dan Insertion Loss

Return Loss adalah sejumlah daya yang direfleksikan kembali ke sumber dari sebuah terminasi yang tidak benar. *Return Loss* dapat terjadi diakibatkan oleh kondisi rangkaian yang tidak *matching*. Jika daya yang ditransmisikan oleh sumber adalah P_T dan daya yang direfleksikan adalah P_R , maka *return loss* merupakan pembagian antara P_T dengan P_R .

Agar daya yang ditransfer maksimum, maka *return loss* haruslah sekecil mungkin. Itu artinya P_T/P_R juga harus sekecil mungkin, atau jika diekspresikan dalam dB, nilai *return loss* harus bernilai negative sebesar mungkin. Sebagai contoh, -40 dB lebih bagus dibandingkan dengan -20 dB.

Adapun persamaan *return loss* adalah sebagai berikut :

$$R_L = 10 \log \frac{P_R}{P_T} = 10 \log \left(\frac{VSWR-1}{VSWR+1} \right)^2 \quad (1)$$

Daya yang dikirimkan dari sumber ke beban, ada yang direfleksikan kembali ke sumber, ada juga yang ditransfer ke beban. Namun daya yang ditransfer ke beban ini sebagian akan hilang karena komponen yang berbagi macam pada rangkaian. *Loss* yang dihasilkan karena sisipan transmisi di sepanjang sumber ke beban disebut *insertion loss*.

Adapun persamaan *Insertion Loss* adalah :

$$I_L = 10 \log \frac{P_R}{P_T} \quad (2)$$

II. Metodologi Penelitian

Desain *band pass filter* akan dilakukan dalam beberapa tahap, yakni studi pustaka, menentukan parameter, perhitungan

nilai komponen secara manual dan kemudian hasil dari perhitungan tersebut disimulasikan dengan simulator *Advanced Digital System* (ADS) 2011.

Perlengkapan yang digunakan

Pada tugas akhir ini penelitiannya masih dalam tahap simulasi menggunakan *software* saja karena beberapa alasan. Perangkat lunak yang digunakan dalam desain *band pass filter* antara lain :

- a. *Advanced Digital System* (ADS) 2011
- b. *Microsoft Visio* 2007
- c. *Microsoft Excel*

Pemilihan Perangkat Lunak

Pemilihan perangkat lunak (*software*) diperlukan untuk menggambarkan hasil design simulasi dengan yang sebenarnya.

Advanced Design System (ADS)

Pada skripsi ini digunakan *Advanced Digital System* (ADS) 2011 untuk melakukan simulasi *band pass filter* dan analisa *band pass filter*. ADS digunakan untuk menampilkan hasil S-Parameter $S(1,1)$, $S(2,1)$, *Smith Chart* dan VSWR serta respon frekuensi yang dihasilkan dari rancangan rangkaian.

Perancangan Band Pass Filter

Band Pass Filter yang akan dirancang ini adalah filter pasif yang komponennya terdiri dari lumped element (induktor, kapasitor, resistor). Perancangan *band pass filter* ini menggunakan *software*, *Advanced Design System* (ADS) 2011 untuk merangkai rangkaiannya.

Untuk menghitung besarnya nilai L dan C yang akan digunakan digunakanlah rumus sebagai berikut (Bahl, 2003) :

$$L_k = g_k \frac{Z_0}{2\pi BW} \quad (3)$$

$$C_k = \frac{2\pi BW}{g_k Z_0 \omega_0^2} \quad (4)$$

Persamaan 3 dan 4 tersebut digunakan jika induktor dan kapasitor dirangkai seri. Sedangkan rumus yang digunakan jika induktor dan kapasitor dirangkai secara paralel adalah sebagai berikut (Bahl, 2003) :

$$L_k = \frac{2\pi BW Z_0}{g_k \omega_0^2} \quad (5)$$

$$C_k = \frac{g_k}{2\pi BW Z_0} \quad (6)$$

Persamaan 5 dan 6 tersebut digunakan untuk menghitung nilai induktor dan kapasitor jika dirangkai secara paralel.

Dimana,

BW = Bandwidth

Z_0 = Impedansi Beban

$\omega_0^2 = (2\pi f_c)^2$

g_k = nilai elemen untuk chebyshev filter orde ke k.

Nilai dari g_k ditentukan dari table nilai elemen untuk chebyshev filter yang terdapat pada lampiran. Dengan melihat nilai g_k yang tertera pada table tersebut pada ripple 0,2 dB dan orde 3, didapatkan nilai – nilai g_k masing – masing sebagai berikut :

$$g_1 = 1.2275$$

$$g_2 = 1.1525$$

$$g_3 = 1.2275$$

$$g_4 = 1.0000$$

Nilai dari induktor dan kapasitor yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.1 – 3.4 di atas, didapatkan hasil sebagai berikut :

-Induktor dan kapasitor yang disusun secara paralel

$$L1 = 0.05294 \text{ nH}$$

$$C1 = 39.09 \text{ pF}$$

$$L3 = 0.05294 \text{ nH}$$

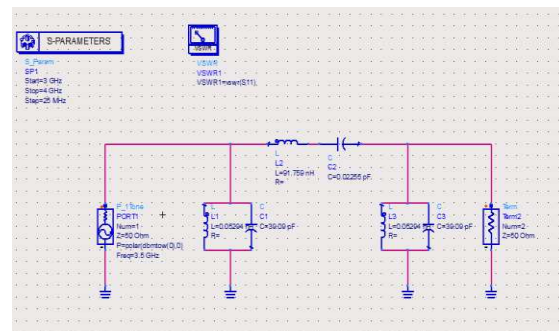
$$C1 = 39.09 \text{ pF}$$

-Induktor dan kapasitor yang disusun secara seri

$$L2 = 91.759 \text{ nH}$$

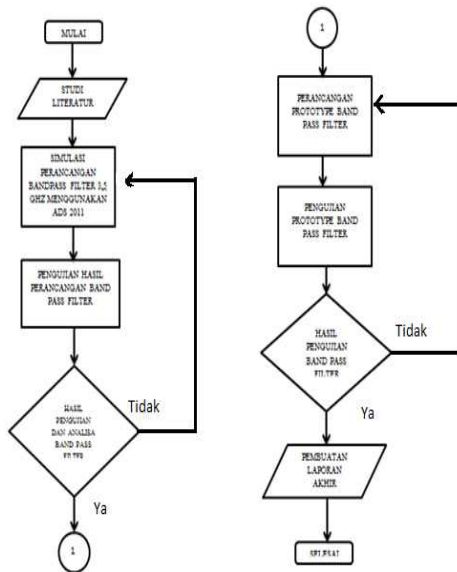
$$C2 = 0.02255 \text{ pF}$$

Setelah mendapatkan nilai untuk komponen lumped, maka dapat dilakukan perancangan menggunakan *Advanced Design Sistem (ADS) 2011*.



Gambar 11. *Band pass Filter* dalam ADS

Dalam perancangan *band pass filter* dapat dilihat diagram alir pada gambar berikut. Di mulai dari studi literatur mengenai *band pass filter* dan WiMAX, kemudian menentukan spesifikasi *filter*, setelah menentukan spesifikasi *filter* kemudian mencari perhitungan nilai untuk komponen. Setelah mendapatkan nilai untuk komponen, perancangan dilakukan dengan menggunakan *Advanced Design System (ADS) 2011*. Kemudian dilakukan pengujian terhadap rangkaian dengan nilai yang sudah didapatkan.

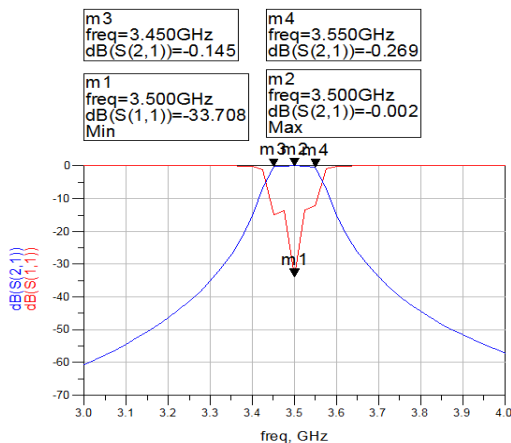


Gambar 10. Diagram Alir Desain Band Pass Filter

III. Hasil dan Pembahasan

Pada skripsi ini akan dianalisa hasil pengujian dari desain *band pass filter* untuk jaringan WiMAX 3.5 GHz menggunakan *Advanced Design System (ADS) 2011*.

Hasil dan Analisa berdasarkan S-Parameter

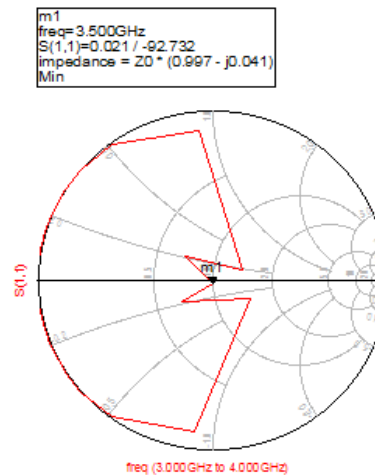


Gambar 11. Hasil simulasi *Band Pass Filter* berdasarkan S-parameter

Dari rangkaian tersebut didapatkan hasil dengan simulasi S-Parameter seperti terlihat pada gambar 11. Dengan menggabungkan kurva $S(1,1)$ dan $S(2,1)$,

maka akan didapatkan berapa besar *bandwidth* yang didapat dengan melihat titik potongantara kedua kurva tersebut. Pada gambar terlihat titik potong pertama yaitu m_3 berada pada frekuensi 3.450 GHz. Sedangkan titik potong kedua yaitu m_4 berada pada frekuensi 3.550 GHz. Dari kedua titik potong tersebut, nilai *bandwidth* dari *band pass filter* didapat adalah : $3.550 \text{ GHz} - 3.450 \text{ GHz} = 100 \text{ MHz}$.

Hasil dan Analisa Rangkaian *Band Pass Filter* dengan *Smith Chart*



Gambar 12. Hasil *Smith Chart* dari rangkaian *Band Pass Filter*

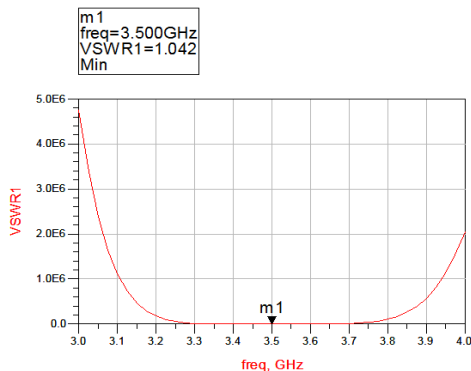
Pada gambar 12 terlihat bahwa impedansi keluaran (Z_{out}) pada frekuensi band pass yang diinginkan 3.5 GHz mempunyai nilai $Z_0 * (0.997 - j0.041)$.

Maka dapat kita simpulkan impedansi dari hasil smith chart :

$$\begin{aligned} \text{Impedansi} &= Z_0 * (0.997 - j0.041) \text{ ohm} \\ &= 50 * (0.9978) \text{ ohm} \\ &= 49.89 \text{ ohm} \end{aligned}$$

Nilai impedansi tersebut hampir sama atau mendekati dengan impedansi masukan (Z_{in}) dan sesuai dengan nilai impedansi karakteristik yang digunakan dalam perancangan ini.

Hasil dan Analisa berdasarkan Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)



Gambar 13. Hasil Simulasi VSWR

Ketika kita merancang suatu rangkaian yang bekerja pada frekuensi tinggi, maka perlu di perhatikan suatu parameter yang dinamakan VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) yang berhubungan dengan kualitas dari sinyal yang diperoleh oleh beban. Pada frekuensi tinggi, jika rangkaian tersebut tidak memiliki nilai VSWR yang bagus atau idealnya bernilai 1, maka akan terjadi gelombang pantul yang seharusnya gelombang tersebut diterima oleh beban.

Berdasarkan hasil simulasi, nilai VSWR yang dihasilkan pada frekuensi 3.5 GHz yaitu sebesar 1.042, yang berarti hampir tidak ada gelombang yang dipantulkan oleh beban kembali ke sumber. Jika nilai VSWR lebih besar dari 2, berarti alat tersebut tidak layak dan harus dilakukan perancangan ulang.

Return Loss dan Insertion Loss

Dari hasil VSWR yang didapatkan yaitu 1.042 maka nilai *return loss* yang dihasilkan akan semakin bagus pada band band filter. Pada gambar 11 di atas selain menunjukkan besarnya *bandwidth* yang didapatkan tetapi juga pada gambar 11

tersebut dapat menunjukkan nilai *return loss* dan nilai *insertion loss*.

Jika melihat nilai VSWR dapat dipastikan bahwa nilai *return loss* dan *insertion loss* yang terjadi pada rangkaian bernilai sesuai yang dengan diinginkan, yaitu *return loss* senegatif mungkin dan *insertion loss* yang semakin mendekati nilai 0. Hal ini sesuai dengan gambar yang terlihat pada Gambar 11 diatas. Nilai *return loss* dapat dilihat pada kurva S(1,1) yang berwarna merah. Sedangkan nilai *insertion loss* dapat dilihat pada kurva S(2,1) yang berwarna biru. Pada frekuensi 3.5 GHz, nilai *return loss* m1 adalah -33.708 dB, sedangkan nilai *insertion loss* m2 adalah -0.002 dB.

Perhitungan manual untuk *return loss* adalah sebagai berikut :

$$RL = 10 \log \left(\frac{vswr-1}{vswr+1} \right)^2$$
$$RL = -0.002dB$$

IV. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Hasil simulasi dari desain *band pass filter* untuk jaringan WiMAX 3.5 GHz dengan bandwidth 100 MHz, maka untuk mendapatkan filter yang berfungsi secara maksimal menggunakan rangkaian *Chebyshev Band Pass Filter* Orde 3 dengan ripple 0.2.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa filter dapat melewati frekuensi 3.5 GHz dengan bandwidth 100 MHz, *insertion loss* -0.002 dB, *return loss* =33.798 dB dan VSWR 1.042.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan fabrikasi dan pengaplikasian nya pada perangkat WiMAX, serta dapat

membandingkan hasil secara simulasi dan secara praktek.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu Ery Safrianti, ST., MT dan ibu Linna Oktaviana Sari, ST., MT selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penelitian ini. Terima kasih kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada rekan – rekan Teknik Elektro Angkatan 2008 dan 2009 yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahl, Inder & Prakash Bhartia. 2003 *Microwave Solid State Circuit Design*, Vol.251-269,2003
- Borcoci, E. 2008. *WiMAX Tutorial*.
- Bowick, C. 2006. *RF Circuit Design*.Nomnes.
- Helfin. 2007. Mengenal lebih jauh tentang WiMAX.
- Jindal.G dan Grover, V. 2013. *Voice and Video Over the WiMAX. International Journal for Computer Application and Research (IJCAR)*, Vol 1, 18-25.
- Firdaus, Ginda. 2011 Mengenal Teknologi Wireless WiMAX.
- Khomsianti, K. 2009 Perancangan *Band Pass Filter* Untuk *Mobile WiMAX* Pada Frekuensi 2.3 GHz. Jakarta
- Ning. H, Wang. J, Xiong. Q & Mao. L. 2011. *Design Of Planar Dual and Triple Narrow-Band Bandstop Filters With Independently Controlled Stopbands And Improved Spuri-Ous Response. Journal Progress In Electromagnetics Research(JPIER)*, Vol. 131, 259-274, 2012.
- Nuaymi, L. 2007. *WiMAX Technology for Broadband Wireless Access*.
- Pareek, D. 2006. *The Business of WiMAX*.John Wiley &Son
- Prihanto, GI. 2010. Kajian Pemanfaatan Satelit Dalam Mendukung Penerapan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Untuk TELE-EDUCATION. Jakarta
- Safia. A. O. H, Omar. A. A, & Scardelleti. M. C. 2011. *Design Of Dual-Band Bandstop Coplanar Waveguide Filter Using Uniplanar Series-Connected Resonator. Journal Progress In Electromagnetics Research (JPIER)*, Vol.27, 93-99,2011.
- Sayre.CW. 2008. *Complete Wireless Design*. New York
- Setiawan, D. 2007. Perencanaan Dan Kebijakan Spektrum Frekuensi Radio Indonesia. Jakarta
- Simanjuntak, D. 2012. Perancangan *Concurrent Quadband Bandpass Filter* dengan menggunakan komponen *lumped* pada frekuensi 950 MHz, 1.85 GHz, 2.35 GHz, dan 2.65 GHz. Jakarta
- Team YYePG. 2004. *Practical Analog and Digital Filter Design*. Artech house.inc
- White Paper.2006. Peluang Usaha di Bidang Penyelenggaraan Telekomunikasi.Ditjen Postel, Direktorat Telekomunikasi. Desember
- White Paper. 2006. Penataan Spektrum Frekuensi Radio Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel (*Broadband Wireless Access/ BWA*)”, Ditjen Postel, Depkominfo Jakarta, Nopember

- Wibisono, G. 2005. Dilema Alokasi Frekuensi BWA berbasis Wimax Indonesia. Jakarta
- Wibisono, G. 2006. WiMAX Teknologi *Broadband Wireless Access (BWA)* Kini dan Masa Depan Informatika. Jakarta
- Winder, S. 2002. *Analog and Digital Filter Design*. United States of Amerika