



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN BANDPASS FILTER UNTUK
MOBILE WIMAX PADA FREKUENSI 2,3 GHz**

SKRIPSI

**KHOTIMAH KHOMSIATI
0405030478**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN BANDPASS FILTER UNTUK
MOBILE WIMAX PADA FREKUENSI 2,3 GHz**

SKRIPSI

KHOTIMAH KHOMSIATI
0405030478

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya penulis sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah penulis nyatakan dengan benar.**

Nama : Khotimah Khomsianti

NPM : 0405030478

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Khotimah Khomsati
NPM : 0405030478
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : **Perancangan Bandpass Filter untuk *Mobile WiMAX*
pada Frekuensi 2,3 GHz**

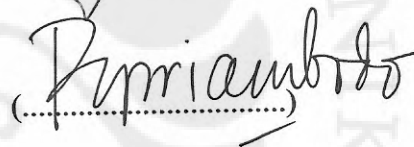
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

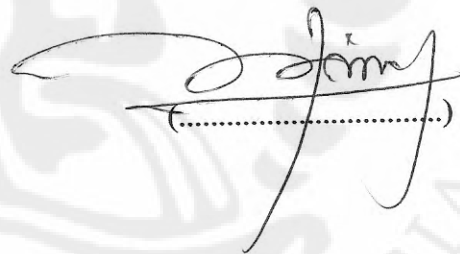
Pembimbing : Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc, Ph.D



Penguji : Dr. Ir. Purnomo Sidhi Priambodo, M.Sc



Penguji : Arief Udhiarto, ST, M.T



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada ALLAH SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc, Ph.D selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (3) Muhamad Wahyudin atas bantuan dan semangatnya.
- (4) Teman satu kelompok yang telah saling memberikan bantuan dan dukungan;
- (5) Teman-teman departemen elektro khususnya angkatan 2005;
- (6) Seluruh keluarga besar Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 15 Juni 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, penulis yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Khotimah Khomsiati
NPM : 0405030478
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah penulis yang berjudul :

Perancangan *Bandpass Filter* Untuk Mobile WiMax Pada Frekuensi 2.3 GHz beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir penulis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 15 Juni 2009

Yang menyatakan

(Khotimah Khomsiati)

ABSTRAK

Nama : Khotimah Khomsiasi
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Perancangan *Bandpass Filter* Untuk *Mobile WiMax* Pada Frekuensi 2,3 GHz

Seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan manusia terhadap komunikasi tidak hanya suara saja, tetapi juga manusia membutuhkan komunikasi data seperti gambar maupun video dengan menggunakan peralatan wireless. Salah satu teknologi *wireless* yang saat ini sedang berkembang dan dapat memenuhi kriteria tersebut adalah *mobile WiMax* dengan standard IEEE 802.16e. Spectrum RF terdiri dari cukup banyak jangkauan frekuensi. Untuk dapat menghindari adanya gangguan dengan channel lain saat melakukan komunikasi, maka dibutuhkanlah sebuah metode yang akan mengijinkan kita untuk memisahkan spectrum yang luas ini untuk pentransmision dan penerimaan. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan sebuah filter. Agar teknologi *mobile WiMax* ini dapat diaplikasikan dengan baik, maka kebutuhan akan selektifitas yang baik terhadap frekuensi sinyal keluaran menjadi masalah yang sangat fundamental dalam perencanaan sistem komunikasi. Oleh karena itu digunakanlah *Bandpass Filter* untuk menyeleksi frekuensi yang dibutuhkan berdasarkan spesifikasi standar *WiMax* yang telah ditetapkan. Dalam laporan skripsi ini membahas mengenai perancangan rangkaian *Bandpass Filter* yang terdiri dari komponen – komponen pasif yaitu induktor dan kapasitor. Respon yang digunakan pada perancangan ini adalah respon chebyshev karena respon chebyshev dapat menghasilkan tingkat kecuraman yang tinggi dari passband ke stopbandnya.

Kata kunci :

Bandpass Filter, Chebysev, Advanced Design System (ADS), Mobile WiMax, WiMax

ABSTRACT

Name : Khotimah Khomsati
Study Program : Electrical Engineering
Title : Design of Bandpass Filter for Mobile WiMax at 2.3 GHz

Along with the development of telecommunication technology, people need to communicate with others not only voice but also the data communications such as pictures and video using wireless devices, so have a high mobility. One of the wireless technologies that is currently being developed and can meet the above criteria is the mobile WiMAX standard IEEE 802.16e. The RF spectrum contains quite a broad range of frequencies. So that we would not interfere with, or be interfered by, other communication channels, a method had to be found that would allow us to segregate a small chunk of this wide spectrum for transmission and reception. This can be accomplished with the use of untuned or tuned filter. The need of good selectivity of output signal frequency become a fundamental problem in designing communication system. Thus, we need Bandpass Filter to select any frequency based on standard of specification of Mobile WiMax. This final project will explain about designing Bandpass Filter circuit which consists of passive components that are inductor and capacitor. The response used in this design is chebyshev, because it can produce a high level slope from passband to stopband.

Keywords :

Bandpass Filter, Chebysev, Advanced Design System (ADS), Mobile WiMax, WiMax

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB 2 DASAR TEORI	4
2.1 WiMAX	4
2.1.1 Prinsip Kerja WiMAX	4
2.1.2 Mobile WiMAX	5
2.2 FILTER	5
2.2.1 Selektivitas Filter	8
2.2.1.1 LPF (Low Pass Filter)	8
2.2.1.2 HPF (High Pass Filter)	9
2.2.1.3 BRF (Band Reject Filter)	10
2.2.1.4 BPF (Band Pass Filter)	10
2.2.2 Chebyshev Response	11
2.3 Komponen Pasif pada Frekuensi Radio	15

2.4	Impedance Matching	17
2.2	Return Loss dan Insertion Loss	21
BAB 3 PERANCANGAN BANDPASS FILTER		23
3.1	Sistem Mobile Wimax	23
3.2	Bandpass Filter	24
BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISA		29
4.1	Rangkaian Bandpass Filter	29
4.2	Impedance Matching	30
4.3	VSWR	32
4.4	Daya Input dan Daya Output	32
4.5	Hasil Return Loss dan Insertion Loss	39
BAB 5 KESIMPULAN		40
DAFTAR ACUAN		41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN		44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Chebyshev Polynomial Orde n	12
Tabel 4.1 Nilai Impedansi Sebelum Dilakukan Impedance Matching	31
Tabel 4.2 Hasil Impedance Matching	31
Tabel 4.3 Nilai Arus dan Tegangan Input.....	37
Tabel 4.4 Nilai Arus dan Tegangan Output	38
Tabel 4.5 Daya Input dan Daya Output dalam dB	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram Filter.....	5
Gambar 2.2 Respon Filter yang Sempurna.....	6
Gambar 2.3 Respon Filter dalam Praktiknya.....	6
Gambar 2.4 Shape Factor yang Tidak Mungkin Terjadi.....	7
Gambar 2.5 Spesifikasi Lowpass Filter.....	9
Gambar 2.6 Spesifikasi Highpass Filter.....	9
Gambar 2.7 Spesifikasi Band Reject Filter.....	10
Gambar 2.8 Spesifikasi Bandpass Filter.....	11
Gambar 2.9 Rangkaian Dasar Bandpass Filter.....	11
Gambar 2.10 Perbandingan dari 3-elemen Response Chebyshev dengan Butterworth.....	12
Gambar 2.11 Karakteristik Attenuasi untuk Filter Chebyshev dengan Ripple sebesar 0.01 dB.....	14
Gambar 2.12 Karakteristik Komponen pada Frekuensi Tinggi.....	15
Gambar 2.13 Perubahan Nilai Impedansi Resistor pada Frekuensi Tinggi.....	16
Gambar 2.14 Sistem Saluran Transmisi yang Matched.....	17
Gambar 2.15 Rangkaian Matching.....	18
Gambar 2.16 Induktansi dan Kapasitansi Seri.....	19
Gambar 2.17 Induktansi dan Kapasitansi Paralel.....	19
Gambar 2.18 Matching dengan Menggunakan Smith Chart.....	20
Gambar 2.19 Return Loss.....	21
Gambar 2.20 Insertion Loss.....	22
Gambar 3.1 Sistem Mobile Wimax.....	23
Gambar 3.2 Rangkaian Dasar Chebyshev Bandpass Filter orde 4.....	27
Gambar 3.3 Port P_1Tone dan Port Terminal.....	27
Gambar 3.4 Rangkaian Tambahan Pada Impedansi Sumber.....	28
Gambar 3.5 Rangkaian Setelah Dilakukan Impedance Matching.....	28
Gambar 4.1 Rangkaian Bandpass Filter yang Dirancang dengan ADS.....	30
Gambar 4.2 Hasil dari S Parameter S(1,1) dan S(2,1).....	31



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Teknologi di bidang informasi dan telekomunikasi telah berkembang dengan pesat. Perkembangan dunia telekomunikasi dan informasi sangat penting untuk menunjang kegiatan masyarakat dalam berbisnis yang memerlukan kecepatan komunikasi. Untuk menjadikan efektif dan efisiennya kegiatan bisnis pada suatu negara dibutuhkan pemerataan pengembangan fasilitas tersebut di seluruh wilayah negara tersebut.

Perkembangan teknologi komunikasi berkembang sangat cepat, sehingga mengakibatkan peningkatan jumlah pelanggan yang tentu saja membutuhkan jenis layanan yang berbeda - beda. Mula-mula dikembangkan teknologi komunikasi dengan menggunakan media kabel. Teknologi ini berkembang luas dan menjangkau seluruh lapisan masyarakat. Kemudian muncul tuntutan dari masyarakat yang memiliki mobilitas tinggi, agar perangkat telekomunikasi dapat menunjang aktivitas mereka, dalam artian selalu siap sedia dimanapun mereka berada. Oleh karena itu, dikembangkan sistem telepon bergerak yang mempunyai berbagai perangkat yang mengerjakan seluruh proses yang diperlukan dalam komunikasi tersebut yang diatur oleh suatu sistem.

Sekarang ini, kebutuhan manusia terhadap komunikasi tidak hanya suara saja, tetapi juga manusia membutuhkan komunikasi data seperti gambar maupun video dengan menggunakan peralatan wireless. Salah satu teknologi wireless yang saat ini sedang berkembang dan dapat memenuhi kriteria tersebut adalah Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX).

WiMAX adalah teknologi wireless broadband yang sangat cocok untuk melakukan komunikasi berupa data karena WiMAX ini mempunyai bandwidth yang lebar dan bit rate yang besar. Standard WiMAX ini diatur oleh standard IEEE 802.16.

Sementara itu spectrum RF terdiri dari cukup banyak jangkauan frekuensi. Untuk dapat menghindari adanya gangguan dengan channel lain saat melakukan komunikasi, maka dibutuhkanlah sebuah metode yang akan mengijinkan kita

untuk memisahkan spectrum yang luas ini untuk pentransmisian dan penerimaan. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan sebuah filter. Agar teknologi mobile WiMAX ini dapat diaplikasikan dengan baik, maka kebutuhan akan selektifitas yang baik terhadap frekuensi sinyal keluaran menjadi masalah yang sangat fundamental dalam perencanaan sistem komunikasi. Oleh karena itu digunakanlah Bandpass Filter untuk menyeleksi frekuensi yang dibutuhkan berdasarkan spesifikasi standar WiMAX yang telah ditetapkan.

1.2 TUJUAN

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk membuat suatu rancangan rangkaian *bandpass filter* untuk mobile WiMax pada frekuensi 2,3 GHz berdasarkan pada standar IEEE 802.16e.

1.3 BATASAN MASALAH

Skripsi kali ini meliputi perancangan rangkaian Bandpass Filter untuk Mobile WiMAX frekuensi 2.3 GHz, dengan frekuensi center (*intermediate frequency*) yang diinginkan sebesar 100 MHz dan *channel bandwidth* 5 MHz.

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika pembahasan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan terdiri atas latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas teori mengenai bandpass filter, komponen – komponen yang menyusunnya, serta teori mengenai WiMAX dan parameter - parameternya.

BAB 3 PERANCANGAN BANDPASS FILTER

Menjelaskan mengenai model dari bandpass filter dan parameter – parameter WiMAX yang digunakan.

BAB 4 HASIL SIMULASI

Bab ini menjelaskan analisa hasil simulasi dari rancangan yang telah dibuat.

BAB 5 KESIMPULAN

Dikemukakan berupa poin – poin kesimpulan dari keseluruhan laporan skripsi.



BAB 2 DASAR TEORI

2.1 WiMAX

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) yang menggunakan standard IEEE 802.16 merupakan sebuah teknologi pengembangan dari WiFi. Tidak seperti pada WiFi yang dirancang untuk lingkungan indoor, teknologi WiMAX dirancang untuk diaplikasikan pada lingkungan outdoor. Dan untuk dapat diaplikasikan pada lingkungan outdoor tersebut, WiMAX memiliki spesifikasi yang lebih baik, antara lain pada WiMAX generasi awal dengan standard IEEE802.16a memiliki bandwidth 70 Mbps dan dapat menjangkau luas wilayah sampai 30 Miles.

2.1.1 Prinsip Kerja WiMAX

WiMAX dapat bekerja dengan memberikan 2 format layanan wireless :

- a) *Non-Line-Of-Sight*, dimana sebuah antena kecil dipasang pada komputer dihubungkan dengan menara pemancar dengan menggunakan frekuensi kerja antar 2 GHz sampai 11 GHz.
- b) *Line-Of-Sight*, di mana sebuah antena tetap dipasang pada menara WiMAX. Koneksi LOS ini lebih kuat dan lebih stabil, sehingga bisa dipergunakan untuk mengirimkan sejumlah data dengan error yang relatif sedikit. Format *Line-Of-Sight* dapat menggunakan frekuensi yang lebih tinggi sampai 66 GHz.

Dengan menggunakan antena LOS yang kuat, stasiun transmisi WiMAX dapat mengirimkan data ke komputer atau *router* yang menggunakan WiMAX dengan radius 50 Km atau *coverage area* seluas 576 Km².

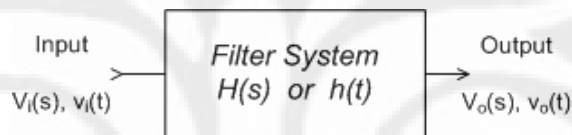
2.1.2 Mobile WiMAX

Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi, maka teknologi WiMAX juga terus berkembang dan sampai pada tahun 2005 dikeluarkan standard baru WiMAX IEEE 802.16e yaitu standar untuk *mobile* WiMAX.

Hal yang paling membedakan *mobile* WiMAX (IEEE 802.16e) dengan teknologi WiMAX sebelumnya (IEEE 802.16a-d) adalah jika pada *Fixed* WiMAX, peralatan *end devices* yang dapat digunakan bersifat portabel hanya terbatas untuk dipakai berpindah tempat dengan berjalan kaki saja, sedangkan pada teknologi *mobile* WiMAX, peralatan *end device* dapat digunakan di dalam kendaraan yang sedang berjalan (mobil) dengan tetap terhubung dengan layanan WiMAX.

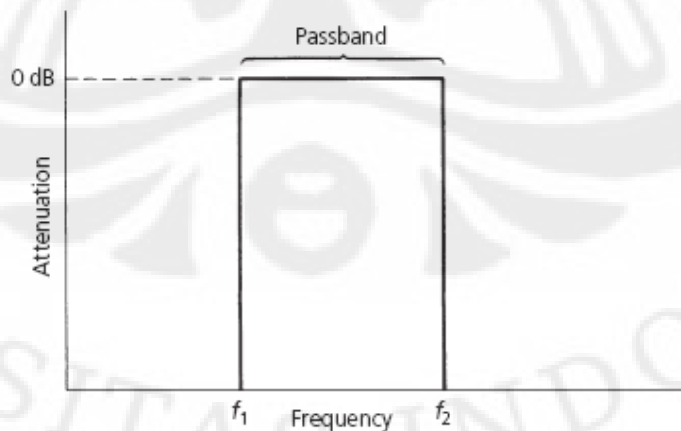
2.2 FILTER

Filter secara umum dapat dijelaskan dengan gambar berikut :



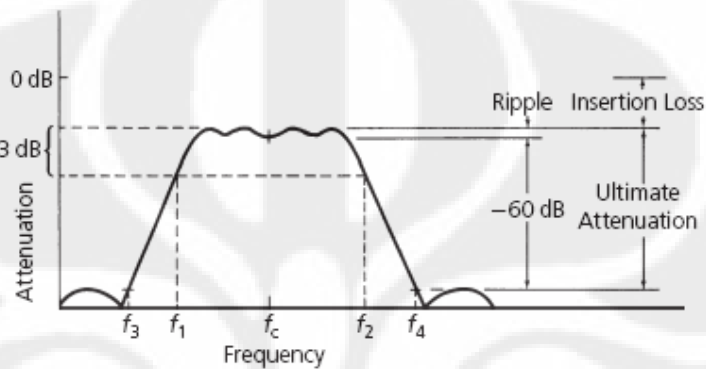
Gambar 2.1 Blok Diagram Filter [2]

$V_i(t)$ merupakan sinyal dengan beberapa komponen yang frekuensinya berbeda-beda. Rangkaian pemilah frekuensi dalam hal ini memilih sinyal dengan frekuensi tertentu saja, demikian sehingga $v_o(t)$ merupakan tegangan dengan salah satu (daerah) frekuensi saja. Pemisahan frekuensi ini dinyatakan dalam apa yang dinamakan fungsi-alih $H(s)$ atau $h(t)$, yang merupakan perbandingan tegangan sinyal keluaran dan tegangan sinyal masukan.



Gambar 2.2 Respon Filter yang Sempurna[1]

Gambar 2.2 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. Tapi kita bisa merancang rangkaian filter yang mendekati sempurna dengan cara yang sempurna.



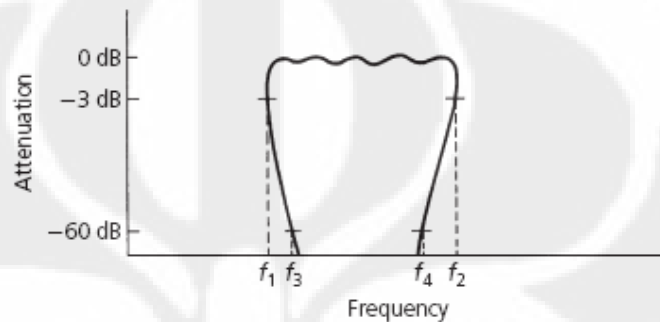
Gambar 2.3 Respon Filter dalam Praktiknya [1]

Sedangkan Gambar 2.3 ini adalah gambar dari respon filter yang mungkin secara praktik. Berikut adalah definisi-definisi yang akan digunakan pada perancangan filter ini :

1. *Decibel* – dalam radio elektronik dan telekomunikasi decibel digunakan untuk menjelaskan rasio antara dua pengukuran dari daya listrik. *Decibel* juga bisa ditambahkan dengan sebuah akhiran untuk membuat sebuah unit yang absolute dari daya listrik. Sebagai contoh, *decibel* bisa dikombinasikan dengan “m” untuk “miliwatt” untuk menghasilkan dBm. Nol dBm setara dengan 1 miliwatt, dan 1 dBm adalah satu decibel lebih besar dari 0 dBm, atau sekitar 1.259 mW.
2. *Bandwidth* – *bandwidth* dari suatu rangkaian biasanya didefinisikan sebagai perbedaan antara frekuensi atas dan frekuensi bawah ($f_2 - f_1$) pada rangkaian saat respon amplitudanya 3dB di bawah respon passband.
3. *Shape factor* (factor ketajaman) – *shape factor* ini didefinisikan sebagai rasio antara bandwidth pada 60-dB dengan bandwidth pada 3-dB dari rangkaian. Sehingga jika bandwidth pada 60-dB nilainya adalah 3 MHz dan bandwidth pada 3-dB bernilai 1.5 MHz, maka shape factornya adalah :

$$SF = \frac{3\text{MHz}}{1.5\text{MHz}} = 2$$

Shape factor adalah derajat pengukuran yang simple dari kecuraman kurva. Semakin kecil nilai *shape factor* maka respon pada kurva akan semakin curam. Pada filter ideal, nilai dari *shape factor* adalah 1.



Gambar 2.4 *Shape Factor* yang Tidak Mungkin Terjadi.[1]

Gambar 2.4 merupakan gambar dari suatu respon filter yang mempunyai *shape factor* kurang dari satu. Secara fisik hal ini tidak mungkin terjadi.

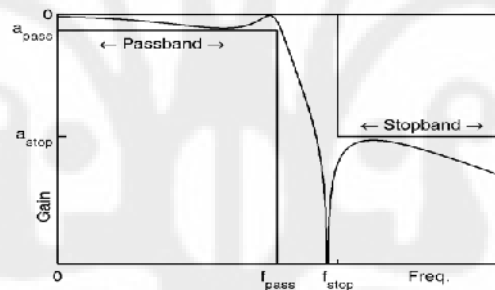
4. *Insertion Loss* – jika komponen-komponen disisipkan antara generator dan beban, beberapa signal akan diserap dalam komponen-komponen tersebut. Hal ini terjadi Karena sifat dari komponen itu sendiri yang bersifat *resistive losses*. Sehingga signal yang ditransmisikan tidak semuanya sampai ke beban. Kondisi ini terjadi dengan asumsi tidak dilakukannya impedansi matching. Attenuasi yang dihasilkan dari kejadian itu disebut sebagai *insertion loss* dan ini merupakan parameter yang penting. Biasanya diekspresikan dalam *decibel* (dB).
5. *Ripple – ripple* adalah ukuran kedataran dari daerah passband pada rangkaian, yang juga diekspresikan dalam decibel (dB). Secara fisik, *ripple* diukur dalam karakteristik respon sebagai perbedaan antara attenuasi maksimum pada passband dengan attenuasi minimum pada passband.

2.2.1 Selektivitas Filter

Telah dijelaskan di atas bahwa kegunaan filter adalah untuk memilah frekuensi, karena itulah selektivitas dari suatu filter adalah metode yang paling umum dalam mengklasifikasikan filter. Teknik – teknik menyeleksi frekuensi dilakukan sesuai dengan kondisi dan tujuan dari sistem yang akan dibangun. Berdasarkan kondisi dan tujuan sistem filter dikelompokkan menjadi LPF, HPF, BPF, BSF. Dari tiap – tiap kelompok filter yang dibuat, akan diacu parameter filter yaitu frekuensi kerja, Impedansi input/output, frekuensi cut off, kecuraman, lebar pita dan *ripple*.

2.2.1.1 LPF (Low Pass Filter)

Lowpass filter digunakan ketika membatasi frekuensi paling tinggi dari suatu sinyal. *Lowpass filter* akan melewatkan frekuensi rendah atau dengan kata lain *low pass filter* akan memberikan tegangan keluaran yang konstan dari DC hingga frekuensi *cutoff* (frekuensi 0.707 atau frekuensi - 3dB).

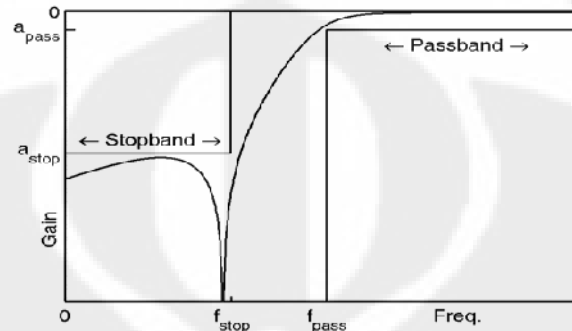


Gambar 2.5 Spesifikasi *Lowpass Filter* [2]

Gambar 2.5 merupakan gambar dari spesifikasi lowpass filter. Respon filter pada *passband* yang diijinkan adalah dari 0 dB sampai gain *passband* (a_{pass}), sedangkan pada *stopband* mulai dari gain *stopband* (a_{stop}) sampai negative tak terbatas. Daerah frekuensi dari spesifikasinya dibagi menjadi tiga daerah. Pertama, daerah perpanjangan *passband* dari 0 sampai frekuensi tepi *passband*-nya (f_{pass}). Kedua, daerah perpanjangan *stopband* dari frekuensi tepi *stopband* (f_{stop}) sampai tak terbatas. Kemudian yang ketiga adalah daerah transisi antara keduanya, antara f_{pass} dan f_{stop} .

2.2.1.2 HPF (High Pass Filter)

Highpass filter ini merupakan kebalikan dari *lowpass filter*. *Higpass filter* digunakan justru untuk membatasi frekuensi paling rendah dari suatu sinyal. *Highpass filter* akan melewatkan frekuensi-frekuensi tinggi sampai tak terbatas.

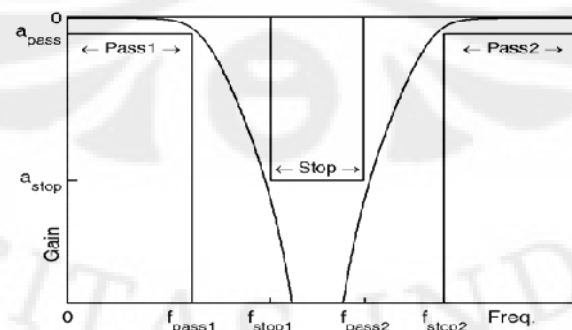


Gambar 2.6 Spesifikasi *Highpass Filter* [2]

Gambar 2.6 merupakan gambar dari spesifikasi respon *highpass filter*. Daerah frekuensi dari spesifikasinya juga dibagi menjadi tiga daerah sama seperti *lowpass filter*, tapi berkebalikan dengan *lowpass filter*. Daerah perpanjangan *passband* dari frekuensi tepi *passbandnya* (f_{pass}) sampai daerah tak terbatas, daerah perpanjangan *stopband* mulai dari 0 sampai frekuensi tepi *stopband* (f_{stop}). Kemudian daerah transisi antara keduanya, antara f_{pass} dan f_{stop} . Gain *passband* disebut a_{pass} , sedangkan pada *stopband* adalah a_{stop} .

2.2.1.3 BRF (Band Reject Filter)

Kerja dari *band reject filter* yaitu meredam frekuensi tertentu dan melewatkan frekuensi luar. Filter akan meredam frekuensi antara frekuensi *passband*.

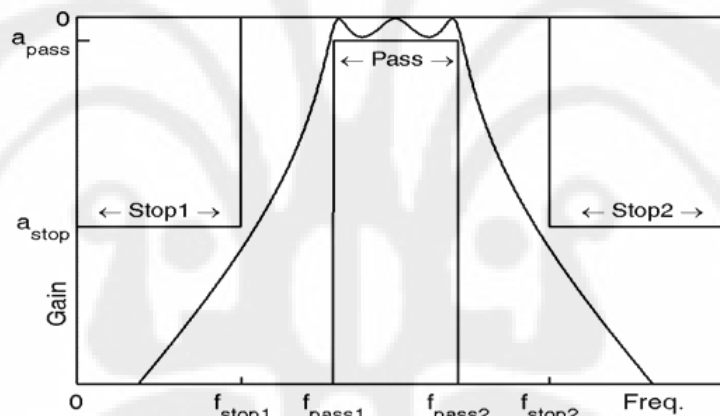


Gambar 2.7 Spesifikasi *Bandreject Filter* [2]

Gambar 2.7 merupakan gambar dari spesifikasi band reject filter. Pada band reject filter ini hanya digunakan satu gain stop yaitu a_{stop} . Daerah stopband berada di antara frekuensi tepi stop yang rendah (f_{stop1}) dan frekuensi tepi stop yang tinggi (f_{stop2}). Daerah passband-nya dibagi menjadi dua bagian, pertama yaitu antara 0 sampai f_{pass1} dan yang kedua adalah antara f_{pass2} sampai tak terhingga.

2.2.1.4 BPF (Band Pass Filter)

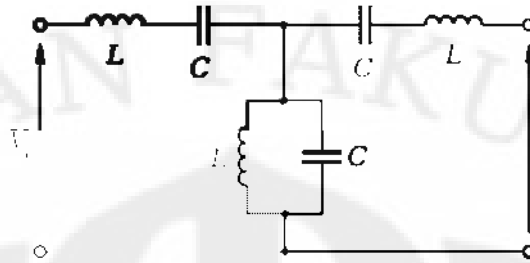
Bandpass filter adalah rangkaian yang melewatkan frekuensi pada daerah tertentu dan meredam frekuensi di luar daerah tersebut. Bandpass filter merupakan penggabungan dari *lowpass filter* dan *highpass filter*.



Gambar 2.8 Spesifikasi *Bandpass Filter* [2]

Gambar 2.8 merupakan gambar dari spesifikasi *bandpass filter*. Daerah *passband* dibatasi oleh dua frekuensi tepi. Frekuensi tepi yang rendah menunjukkan batas frekuensi rendah dari suatu *highpass filter* dan frekuensi tepi yang tinggi menunjukkan batas frekuensi tinggi dari suatu *lowpass filter*. Pada *bandpass filter* ini hanya terdapat satu gain *passband* yaitu a_{pass} .

Rangkaian dasar dari *bandpass filter*, yaitu :

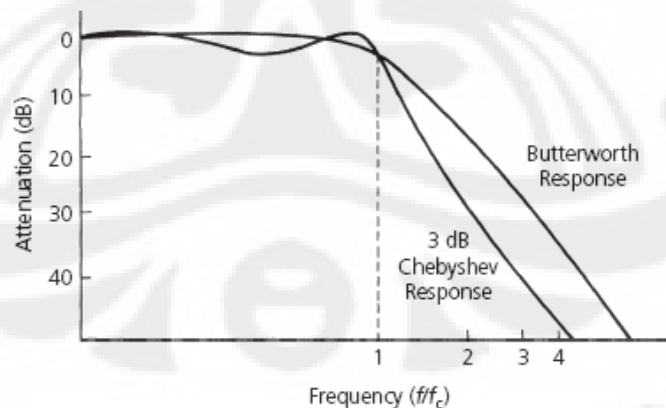


Gambar 2.9 Rangkaian Dasar *Bandpass Filter*

Gambar 2.9 merupakan gambar dari rangkaian dasar *bandpass filter* yang terdiri dari komponen – komponen pasif yaitu induktor dan kapasitor. V_i adalah tegangan input rangkaian, sedangkan V_o adalah tegangan output.

2.2.2 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. Masih diijinkan untuk adanya *ripple* pada filter chebyshev. Semakin banyak *ripple* yang muncul, kemiringan awal pada stopband akan meningkat dan menghasilkan lebih banyak kurva attenuasi rectangular ketika dibandingkan dengan filter butterworth.



Gambar 2.10 Perbandingan dari 3-Element Respon *Chebyshev* dengan *Butterworth* [1]

Gambar 2.10 merupakan perbandingan dari 3-Element respon *Chebyshev* dengan *Butterworth*. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pada $n=3$ dan ripple 3

dB pada passband chebyshev, Respon Chebyshev memiliki ketajaman yang lebih besar dibandingkan dengan Butterworth.

Attenuasi dari filter chebyshev bisa didapatkan dengan membuat perhitungan seperti berikut [1] :

$$A_{dB} = 10 \log [1 + \varepsilon^2 C_n^2 (\omega/\omega_c)'] \quad (2.1)$$

Di mana,

$C_n^2 (\omega/\omega_c)'$ merupakan polynomial chebyshev pada orde tertentu yang nilainya bergantung pada $(\omega/\omega_c)'$.

Tabel 2.1 Chebyshev Polynomial Orde n

n	Chebyshev Polinomial
1	$\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)$
2	$2\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2 - 1$
3	$4\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^3 - 3\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)$
4	$8\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^4 - 8\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2 + 1$
5	$16\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^5 - 20\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^3 + 1\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)$
6	$32\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^6 - 48\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^4 + 18\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2 - 1$
7	$64\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^7 - 112\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^5 + 58\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^3 - 7\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)$

Parameter ε ditentukan dengan rumus :

$$\varepsilon = \sqrt{10^{Rdb/10} - 1} \quad (2.2)$$

di mana Rdb adalah *ripple* dalam decibel (dB).

Nilai dari $(\omega/\omega_c)'$ berbeda dengan (ω/ω_c) . nilai dari $(\omega/\omega_c)'$ bisa didapatkan dengan mendefinisikan parameter lain terlebih dahulu :

$$B = \frac{1}{n} \left(\cosh^{-1} \frac{1}{\varepsilon} \right) \quad (2.3)$$

Di mana n = orde dari filter

ε = parameter yang telah didefinisikan sebelumnya

\cosh^{-1} = invers dari hyperbolic cosinus

setelah menghitung parameter – parameter tersebut, maka akan didapatkan nilai

(ω/ω_c) ' dengan rumus sebagai berikut :

$$\left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^n = \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right) \cosh B \quad (2.4)$$

Dimana (ω/ω_c) = rasio dari frekuensi yang menarik ke frekuensi cutoff.

Cosh = hiperbolik cosinus

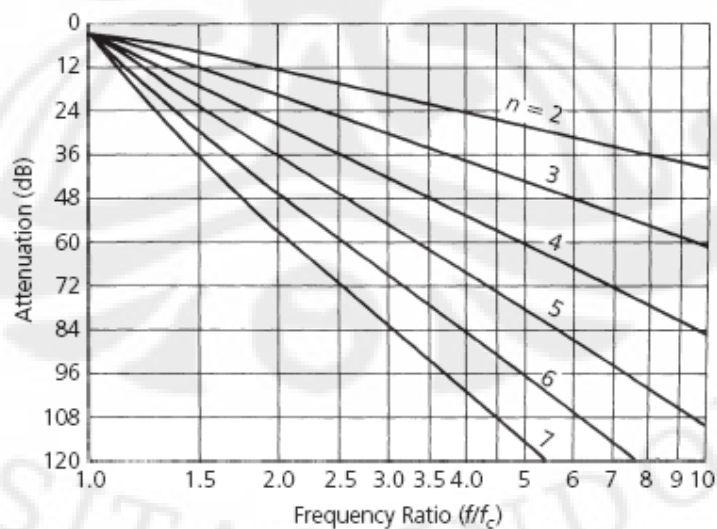
Jika hiperbolik cosinus ataupun invers-nya tidak dapat dihitung menggunakan kalkulator maka nilai tersebut dapat dihitung secara manual dengan cara sebagai berikut :

$$\cosh x = 0.5(e^x + e^{-x}) \quad (2.5)$$

dan

$$\cosh^{-1} x = \ln(x \pm \sqrt{x^2 - 1}) \quad (2.6)$$

Persamaan-persamaan tersebut menghasilkan berbagai macam kurva attenuasi, masing-masing dikelompokkan berdasarkan jumlah *ripple* yang diperbolehkan di daerah passband-nya.



Gambar 2.11 Karakteristik Attenuasi untuk Filter Chebyshev dengan *Ripple* sebesar 0.01 dB [1]

Gambar 2.11 merupakan gambar attenuasi filter Chebyshev dengan berbagai macam orde pada ripple 0.01 dB. Dari gambar terlihat bahwa tingkat kecuraman dari filter Chebyshev akan semakin tinggi seiring dengan tingginya orde filter.

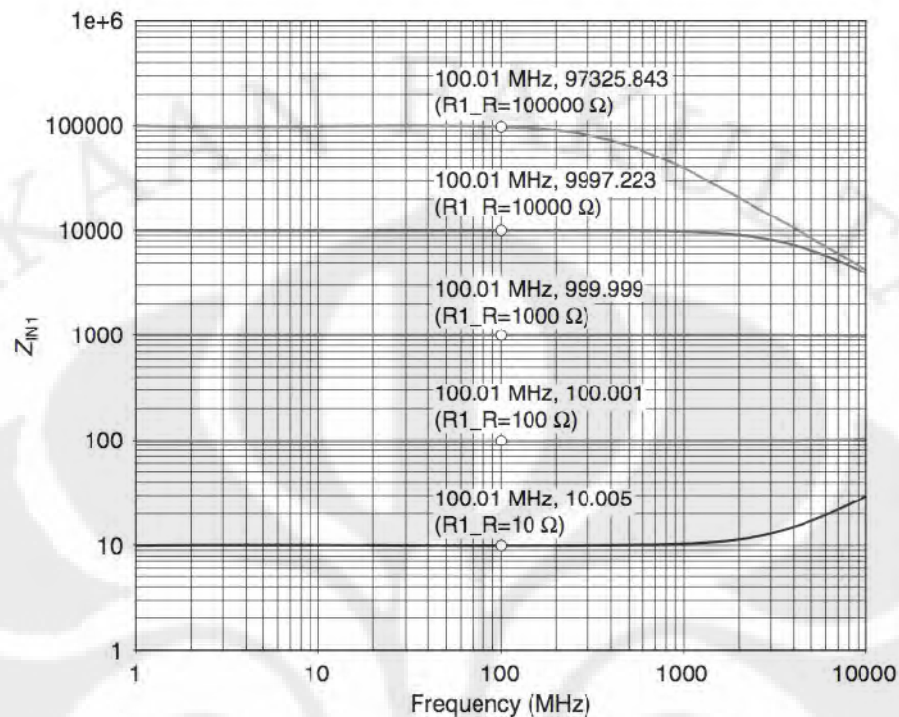
2.3 Komponen Pasif pada Frekuensi Radio

Komponen pasif dasar dari suatu rangkaian elektronika terdiri dari resistor, kapasitor, dan induktor.

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

Gambar 2.12 Karakteristik Komponen pada Frekuensi Tinggi.[3]

Gambar 2.12 merupakan gambar karakteristik dari tiga komponen pasif dasar dari rangkaian elektronika pada frekuensi tinggi. Suatu resistor dengan nilai lebih dari beberapa ratus ohm, nilai resistansinya akan mulai berkurang ketika nilai frekuensi operasi meningkat, seperti terlihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Perubahan Nilai Impedansi Resistor pada Frekuensi Tinggi.[3]

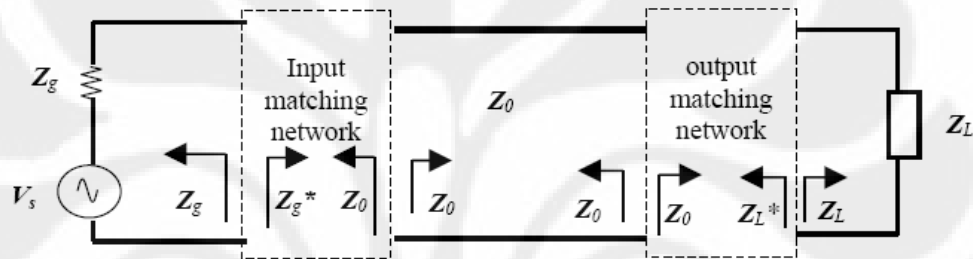
Kapasitor pada frekuensi radio dan frekuensi gelombang mikro harus dipilih tidak hanya berdasarkan pada harga dan juga kestabilan terhadap temperatur, tetapi juga berdasarkan kemampuannya untuk dapat diaplikasikan dengan baik pada frekuensi tinggi. Seperti terlihat pada gambar di atas, kapasitor lead induktansi yang tidak diharapkan yang merubah karakteristik kapasitor ketika frekuensi meningkat. Nilai kapasitor yang dipublikasikan biasanya pada frekuensi 1 MHz. Oleh karena itu, sebelum memilih kapasitor untuk penggunaan pada frekuensi tinggi, adalah sangat penting untuk memastikan bahwa kapasitor tersebut benar – benar sesuai memenuhi persyaratan untuk dapat menghasilkan performa sesuai yang diinginkan.

Induktor pada frekuensi tinggi akan dipengaruhi dengan adanya efek yang tidak diinginkan yaitu *distributed parasitic capacitance*, yaitu seolah – olah akan ada sebuah kapasitor yang terpasang paralel dengan nilai induktor yang diinginkan. Hal tersebut berarti bahwa terdapat pada beberapa frekuensi yang akan memaksa induktansi dari kumparan menjadi paralel dengan *distributed*

capacitance, yang mengakibatkan terjadinya puncak impedansi tinggi yang terbentuk pada beberapa frekuensi tertentu.

2.4 Impedance Matching

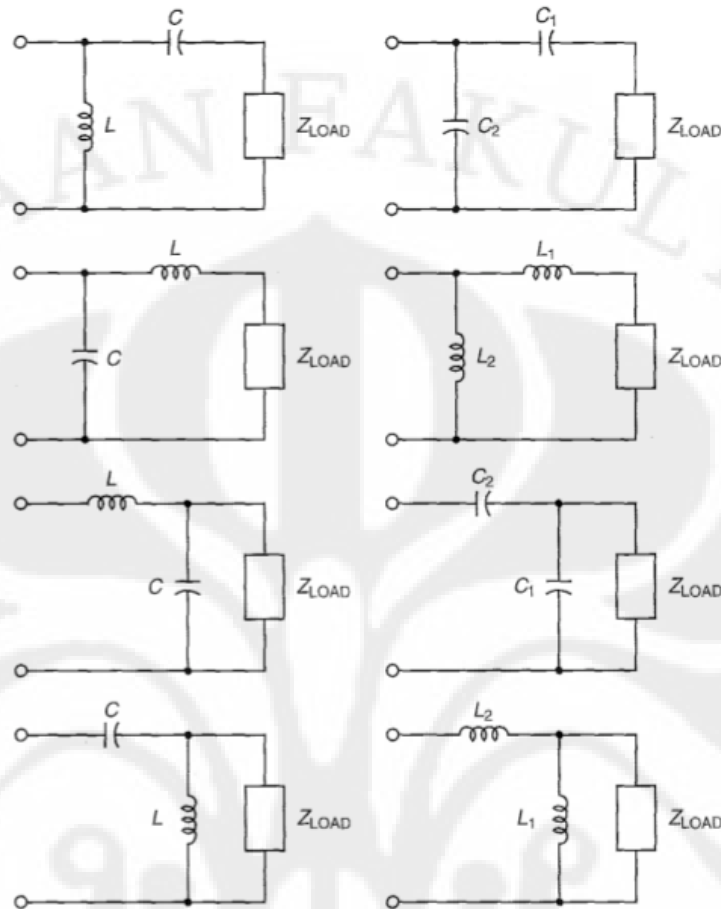
Kebutuhan rangkaian matching meningkat karena amplifier, dengan tujuan untuk menghantarkan daya maksimum ke beban, maka harus diterminasi secara benar pada bagian port input dan output.



Gambar 2.14 Sistem Saluran Transmisi yang *Matched*. [5]

Gambar 2.14 memperlihatkan suatu kondisi dimana suatu saluran transmisi yang bertujuan untuk menghantarkan daya maksimum ke beban 50-ohm, harus memiliki terminasi Z_g dan Z_L . Rangkaian input matching dirancang untuk mengubah bentuk generator impedance (terlihat pada gambar $Z_1 = 50$ ohm) menjadi impedansi sumber Z_g , dan rangkaian output matching 50 ohm terminasi ke *load impedance* Z_L .

Walaupun perancangan rangkaian matching memiliki banyak tipe, L section seperti terlihat pada gambar tidak hanya sederhana, tetapi juga cukup baik untuk diaplikasikan ke dalam suatu rangkaian matching. Rangkaian matching harus memiliki karakteristik lossless agar tidak menghilangkan daya sinyal.



Gambar 2.15 Rangkaian Matching.[5]

Gambar 2.15 merupakan gambar yang menunjukkan berbagai macam rangkaian matching. Dari gambar tersebut terlihat bahwa rangkaian matching bisa berupa induktor dan kapasitor, induktor-induktor, maupun kapasitor-kapasitor. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan.

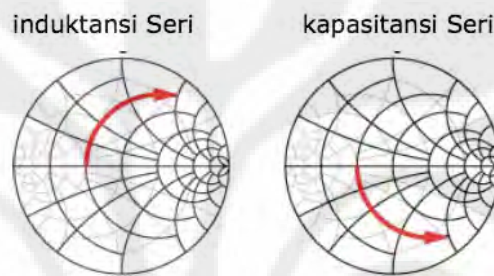
Impedance matching merupakan suatu bagian yang harus diperhatikan ketika ingin melakukan suatu desain rangkaian untuk meningkatkan efisiensi dari rangkaian tersebut. Jika impedansi sumber dengan impedansi beban sudah *match*, maka gelombang yang dikirim oleh sumber akan sampai sepenuhnya ke beban, tidak ada gelombang yang dipantulkan balik oleh beban, berarti koefisien refleksi bernilai 0.

Untuk melakukan suatu perancangan rangkaian matching dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan matematis ataupun pendekatan dengan menggunakan smith chart. Pada metode smith chart, titik – titik admitansi dan

Universitas Indonesia

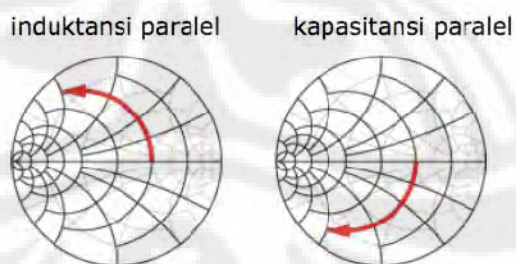
impedansi akan diplot yang merupakan harga normalisasi pada suatu harga tertentu. Titik admitansi dapat diperoleh dari titik impedansi dengan mencerminkannya pada titik tengah, begitu juga sebaliknya. Pada metode smith chart, maka dapat dilakukan dengan penambahan komponen reaktansi seri atau paralel dengan beberapa aturan :

1. Penambahan L seri atau C seri menggerakkan titik impedansi di sepanjang lingkaran resistansi konstan. L seri menambah induktansi sedangkan penambahan C seri mengurangi kapasitansi.



Gambar 2.16 Induktansi dan Kapasitansi Seri [5]

2. Penambahan L atau C paralel menggerakkan impedansi di sepanjang lingkaran konduktansi konstan. Penambahan C paralel menaikkan kapasitansi sedangkan L paralel mengurangi induktansi.

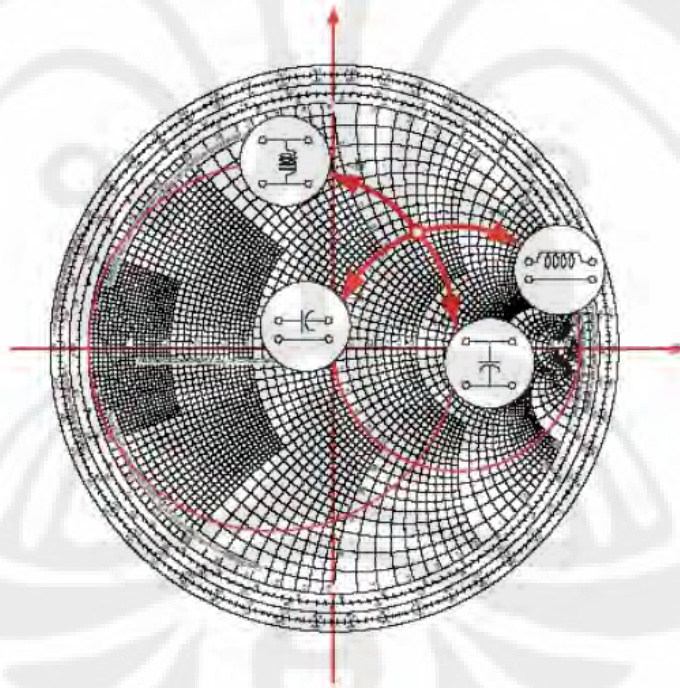


Gambar 2.17 Induktansi dan Kapasitansi Paralel [5]

Secara matematis, adalah mudah untuk menghitung efek dari penambahan satu elemen seri. Tapi akan menjadi cukup rumit jika beberapa elemen ditambahkan secara seri dan paralel. Dengan menggunakan smith chart, perubahan impedansi bisa dihitung dengan mudah.

Perubahan dalam impedansi akibat penambahan elemen R, L, atau C pada beban :

- a) Penambahan elemen bisa dilihat sebagai suatu pergerakan dalam smith chart
- b) Induktor seri : reaktansi positif, bergerak searah jarum jam dalam lingkaran resistansi konstan.
- c) Kapasitor seri : reaktansi negatif, bergerak berlawanan arah jarum jam dalam lingkaran resistansi konstan.
- d) Induktor parallel : susceptansi negatif, bergerak berlawanan arah jarum jam dalam lingkaran konduktansi konstan.
- e) Kapasitor parallel : susceptansi positif, bergerak searah jarum jam dalam lingkaran konduktansi konstan.
- f) Secara umum, reaktansi/susceptansi positif bergerak searah jarum jam.



Gambar 2.18 *Matching* dengan Menggunakan Smith Chart.[5]

Gambar 2.18 menunjukkan arah pergerakan pada smith chart jika dilakukan penambahan kapasitor dan induktor pada rangkaian sebagai rangkaian matching. Arah pergerakan sesuai dengan yang telah dijelaskan di atas.

2.5 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_R dengan P_T .

Agar daya yang ditransfer maksimum, *return loss* haruslah sekecil mungkin. Itu artinya P_R/P_T 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.

Persamaan *return loss* [6] :

$$R_L = 10 \log \frac{P_R}{P_T} = 10 \log \left(\frac{VSWR-1}{VSWR+1} \right)^2 \quad (2.7)$$

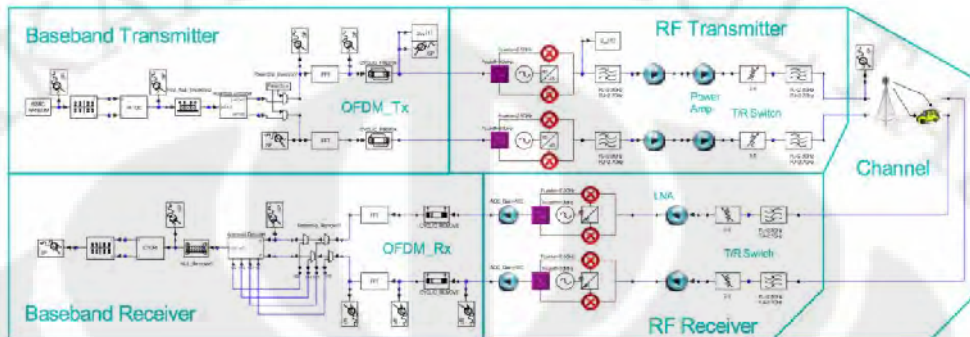
Daya yang dikirimkan dari sumber ke beban, ada yang direfleksikan kembali ke sumber, ada juga yang ditransfer ke beban. Namun daya yang ditransfer ke beban ini sebagian akan hilang karena komponen yang berbagai macam pada rangkaian. Loss yang dihasilkan karena sisipan transmisi di sepanjang sumber ke beban disebut *insertion loss*. Jika daya ditransmisikan oleh sumber disebut P_T dan daya yang diterima pada beban disebut P_R , maka *insertion loss* ini merupakan perbandingan antara P_R dengan P_T . Terlihat jelas bahwa *insertion loss* akan selalu bernilai kurang dari 1. Jika ingin mendapatkan daya yang diterima pada beban sesuai dengan daya yang ditransmisikan maka nilai *insertion loss* haruslah mendekati 1, dalam decibel (dB) nilai *insertion loss* sebisa mungkin harus mendekati nilai 0.

Persamaan *insertion loss* [6] :

$$I_L = 10 \log \frac{P_R}{P_T} \quad (2.8)$$

BAB 3 PERANCANGAN BANDPASS FILTER

3.1 SISTEM MOBILE WIMAX



Gambar 3.1 Sistem mobile WiMAX[4]

Rangkaian bandpass filter yang akan dirancang akan diaplikasikan pada Mobile WiMAX dengan menggunakan standard IEEE 802.16e dimana frekuensi tengah yang akan digunakan untuk mobile WiMAX dipilih 2,3 GHz dan tidak membutuhkan persyaratan *line of sight* untuk jangkauan area yang dapat dicapai.

Rangkaian Bandpass filter pada suatu system mobile WiMAX terdapat pada bagian RF Receiver, seperti terlihat pada Gambar 3.1 yang berfungsi untuk menyeleksi sinyal pada frekuensi yang dibutuhkan.

Berikut adalah spesifikasi teknik RF receiver Rangkaian WiMax [7] :

Range Frekuensi : 2,3 GHz - 2,4 GHz

Bandwidth : 100 MHz

Teknik Modulasi : BPSK, QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM

SNR (Penerima) : 21 dB

N_{FFT} : 128

$N_{subchannels}$: 16

n = sampling factor = 28/25

F_s = Frekuensi Sampling = $\text{floor}(n \times BW / 8000) \times 8000$

F_s = 224 MHz

R_{ss} : Sensitivitas minimum level input pada penerima

$$R_{ss} = -101 + SNR_{rx} + 10 \cdot \log \left(F_s \cdot \frac{N_{used}}{N_{fft}} \cdot \frac{N_{subchannels}}{16} \right)$$

$$R_{ss} = 2,53 \text{ dB}$$

3.2 BANDPASS FILTER

Berdasarkan definisi beberapa parameter filter dan spesifikasi teknik RF receiver rangkaian WiMAX yang telah dijelaskan di atas, maka spesifikasi yang digunakan untuk merancang rangkaian Bandpass filter adalah sebagai berikut :

1. *Intermediate Frequency (Centre Frequency)* : 100 MHz. Frekuensi ini didapatkan karena rangkaian Mixer, yang berada tepat sebelum Bandpass Filter, menggunakan IF 100 MHz.
2. *Channel Bandwidth* : 5 MHz [7]
3. Impedansi input dan impedansi output masing-masing 50 ohm
4. *Ripple* 0.5 dB dengan orde 4.
5. VSWR = 1 – 2

Filter Pasif microwave ini adalah rangkaian yang komponennya terdiri dari *lumped element* (induktor, kapasitor, resistor). Perancangan Bandpass Filter ini menggunakan *software Advanced Design System (ADS)* untuk merangkai rangkaian skematiknya.

Rangkaian bandpass filter yang dirancang ini menggunakan respon Chebyshev karena berdasarkan teori yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tingkat kecuraman dari respon chebyshev ini lebih tajam. Untuk menghitung besarnya nilai L dan C yang akan digunakan berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan di atas, digunakanlah rumus sebagai berikut [6]:

$$L_k = \frac{2\pi BW Z_0}{g_k \omega_0^2} \quad (3.1)$$

$$C_k = \frac{g_k}{2\pi BW Z_0} \quad (3.2)$$

Persamaan 3.1 dan 3.2 tersebut digunakan jika induktor dan kapasitor dirangkai paralel.

$$L_k = \frac{g_k Z_o}{2\pi BW} \quad (3.3)$$

$$C_k = \frac{2\pi BW}{g_k Z_o \omega_c^2} \quad (3.4)$$

Sedangkan Persamaan 3.3 dan 3.4 digunakan jika induktor dan kapasitor dirangkai seri.

Di mana, BW = bandwidth yaitu sebesar 5×10^6 Hz

Z_o = impedansi beban, yaitu sebesar 50 ohm

$$\omega_c^2 = (2\pi \times f_c)^2, \text{ yaitu } (2\pi \times 10^8)^2$$

Nilai dari g_k ditentukan dari tabel nilai elemen untuk Chebyshev filter yang terdapat pada lampiran. Dengan melihat nilai yang tertera pada tabel tersebut pada ripple 0,5 dB dan orde 4, didapatkan nilai – nilai g_k masing – masing elemen sebagai berikut :

$$g_1 = 1.6703$$

$$g_2 = 1.1926$$

$$g_3 = 2.3661$$

$$g_4 = 0.8419$$

Nilai induktor dan kapasitor yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan rumus – rumus pada persamaan 3.1 – 3.4 di atas adalah sebagai berikut :

- Induktor dan kapasitor yang disusun paralel :

$$C_1 = 0,001336 \mu\text{F}$$

$$L_1 = 0,001897 \mu\text{H}$$

$$C_3 = 0,001802 \mu\text{F}$$

$$L_3 = 0,001406 \mu\text{H}$$

- Induktor dan kapasitor yang disusun seri :

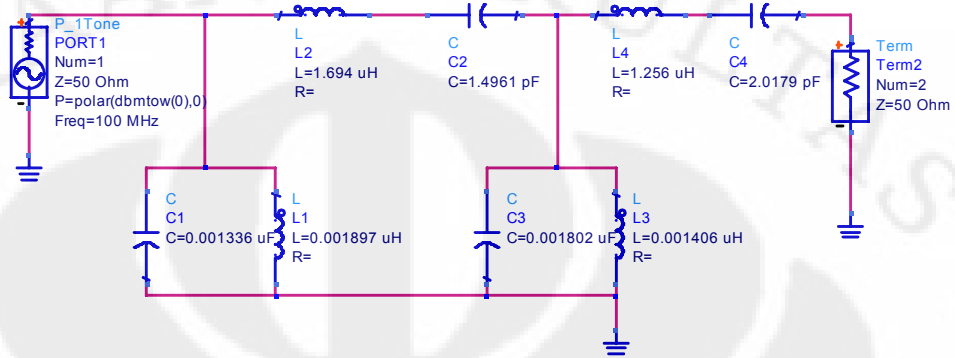
$$C_2 = 1,4961 \text{ pF}$$

$$L_2 = 1,694 \mu\text{H}$$

$$C_4 = 2,0179 \text{ pF}$$

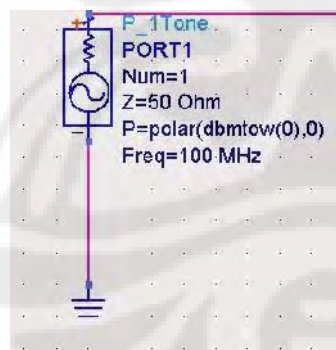
$$L_4 = 1,256 \mu\text{H}$$

Dari nilai – nilai tersebut didapatkan rangkaian bandpass filter yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

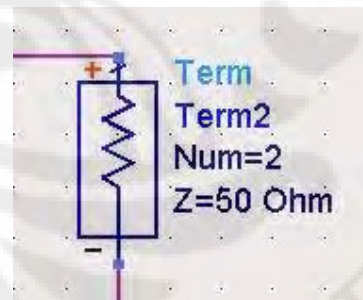


Gambar 3.2 Rangkaian Dasar *Chebyshev Bandpass Filter* orde 4

Gambar 3.2 merupakan rangkaian dasar dari Chebyshev Bandpass Filter dengan orde 4. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa rangkaian filter yang dirancang ini adalah filter pasif. Bisa dilihat pada gambar bahwa rangkaian ini menggunakan induktor dan kapasitor sebagai komponen utamanya dengan nilai induktor dan kapasitor sesuai dengan yang telah didapatkan melalui perhitungan di atas.



(a) P_1Tone



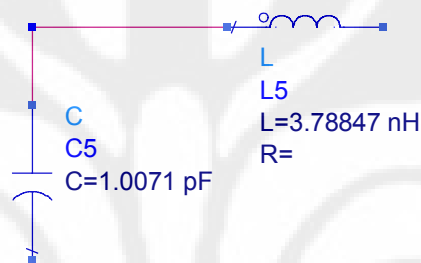
(b) Terminal

Gambar 3.3 Port P_1 Tone dan Port Terminal

Pada Gambar 3.3, (a) tercatat bahwa frekuensinya bernilai 100 MHz, yang artinya filter ini akan melewatkan frekuensi center sebesar 100 MHz. Baik pada Gambar (a) maupun (b) nilai Z yang tertulis adalah 50 Ohm, yang menunjukkan

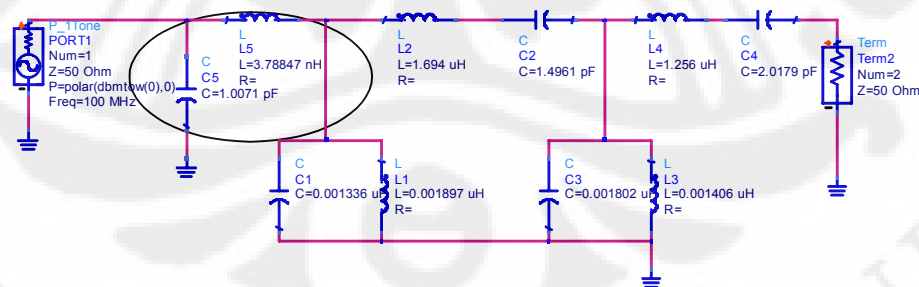
bahwa nilai dari impedansi haruslah 50 Ohm agar rangkaian ini bisa disimulasikan dengan Mixer dan juga *Automatic Gain Control* (AGC).

Agar impedansi input dan impedansi output dapat bernilai seperti yang pada kedua port tersebut maka perlu adanya penambahan rangkaian matching. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tujuan dari *impedance matching* adalah untuk menyesuaikan antara impedansi input dengan impedansi output (50 ohm). Penyesuaian impedansi ini bertujuan untuk mengurangi *return loss* yang terjadi.



Gambar 3.4 Rangkaian Tambahan Pada Impedansi Sumber

Gambar 3.4 merupakan gambar rangkaian tambahan yang digunakan untuk impedansi matching pada sumber. Rangkaian ini didapatkan dengan menggunakan smith chart. Rangkaian tambahan hasil penyesuaian impedansi tersebut diletakkan di dekat sumber.



Gambar 3.5 Rangkaian Setelah Dilakukan *Impedance Matching*

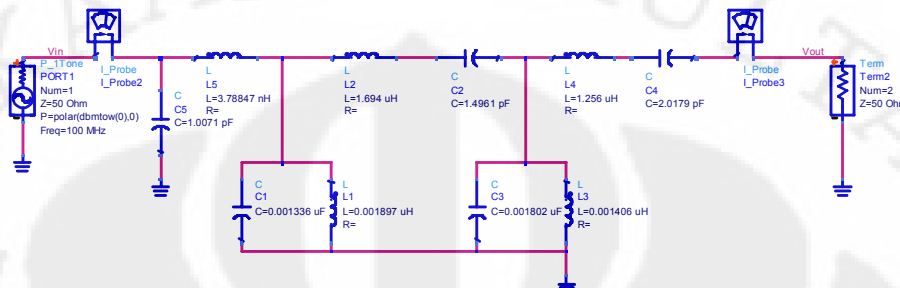
Gambar 3.5 menunjukkan rangkaian bandpass filter setelah ditambahkan rangkaian impedansi matching. Bagian yang dilingkari tersebut merupakan rangkaian tambahan yang telah disebutkan di atas.

Pada penyesuaian impedansi ini hanya didapatkan rangkaian matching untuk impedansi sumber. Hal ini dikarenakan ketika dilakukan penambahan rangkaian matching tersebut nilai dari kedua impedansi sudah sesuai pada 50 Ohm. Sehingga tidak diperlukan lagi penambahan rangkaian matching pada beban.



BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 RANGKAIAN BANDPASS FILTER



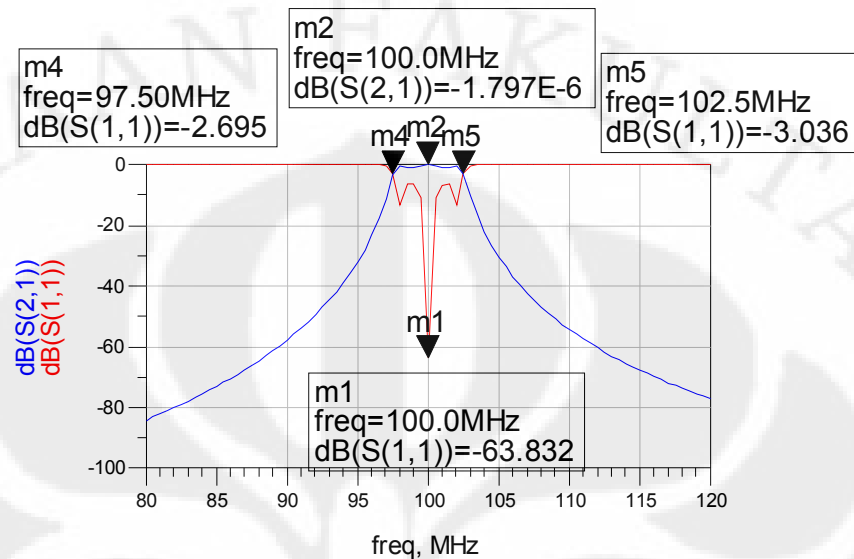
Gambar 4.1 Rangkaian Bandpass filter yang dirancang dengan software ADS

Gambar 4.1 merupakan rangkaian lengkap Chebyshev bandpass filter yang dirancang pada software ADS. Parameter – parameter yang digunakan untuk merancang rangkaian seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 tersebut adalah sebagai berikut :

1. Intermediate Frequency (Centre Frequency) : 100 MHz
2. Channel Bandwidth : 5 MHz
3. Impedansi input dan impedansi output masing-masing 50 ohm
4. Ripple 0.5 dB dengan orde 4.
5. VSWR = 1 – 2

Dari rangkaian tersebut didapatkan hasil dengan simulasi S-Parameter seperti terlihat pada Gambar 4.2. Dengan menggabungkan kurva S(1,1) dan S(2,1), maka akan didapatkan berapa besar bandwidth yang didapat dengan melihat titik potong antara kedua kurva tersebut. Pada gambar terlihat bahwa titik potong pertama, yaitu m4, berada pada frekuensi 97.50 MHz. Sedangkan titik potong kedua, yaitu m5, berada pada frekuensi 102.5 MHz. Dari kedua titik potong tersebut, nilai bandwidth dari bandpass filter ini bisa diketahui yaitu :

$$\text{Bandwidth} : 102.5\text{MHz} - 97.5\text{MHz} = 5 \text{ MHz}$$



Gambar 4.2 Hasil dari S Parameter S(1,1) dan S(2,1)

Nilai bandwidth yang didapatkan ini sudah sesuai dengan parameter yang diinginkan berdasarkan peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi (Dirjen Postel) Indonesia yaitu 5 MHz.

4.2 Impedance Matching

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa tujuan dari impedance matching adalah untuk menyesuaikan antara impedansi input dengan impedansi output (50 ohm). Penyesuaian impedansi ini bertujuan untuk mengurangi *return loss* yang terjadi.

Sebelum dilakukan impedance matching, nilai dari impedansi input dengan impedansi output sudah mendekati nilai yang diinginkan yaitu sebesar 50 ohm. Berikut hasil impedansinya pada frekuensi 100 MHz, melalui simulasi *BPF_orde4.dsn* :

Tabel 4.1 Nilai Impedansi Sebelum Dilakukan Matching Impedance (Real+j*imajiner)

Frekuensi	Zin	Zout
90.00 MHz	$2.134 \times 10^{-5} + j5.808$	$2.416 \times 10^{-4} - j161.829$
95.00 MHz	$0.009 + j13.226$	$0.024 - j71.055$
100.00 MHz	$49.995 - j0.754$	$49.952 - j0.752$
105.00 MHz	$0.012 - j13.926$	$0.032 + j67.472$
110.00 MHz	$4.650 \times 10^{-5} - j6.425$	$4.376 \times 10^{-4} + j146.339$

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat nilai masing – masing impedansi input dan output pada berbagai macam frekuensi dengan rentang 90 MHz sampai 110 MHz dengan step 5 MHz. Pada frekuensi 100 MHz nilai impedansi input sebesar (49,995 – j0,754) ohm, sedangkan nilai impedansi output sebesar (49,952 – j0,752) ohm.

Setelah dilakukan impedance matching pada bagian impedansi input, didapatkan hasil penambahan rangkaian matching-nya seperti Gambar 4.3. Nilai impedansi yang didapatkan setelah penambahan rangkaian matching-nya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Impedance Matching (Real+j*imajiner)

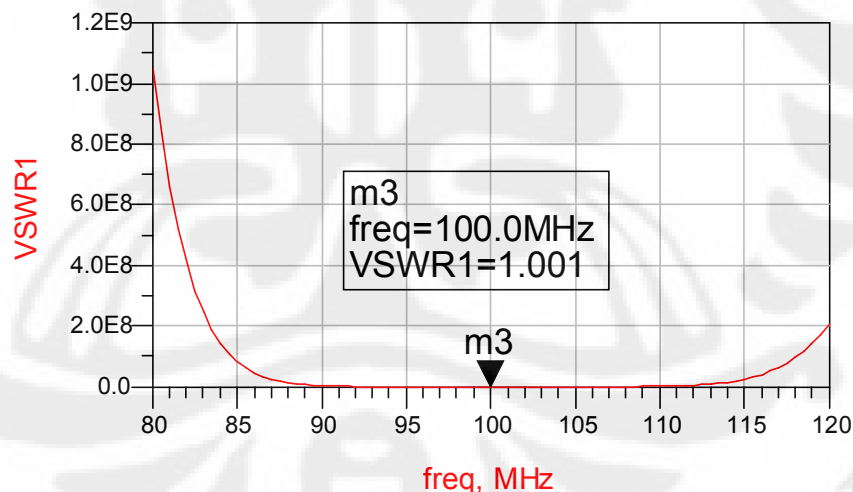
Frekuensi	Zin	Zout
90.00 MHz	$2.15 \times 10^{-5} + j7.987$	$2.410 \times 10^{-4} - j161.829$
95.00 MHz	$0.009 + j5.633$	$0.024 - j71.056$
100.00 MHz	$50.048 + j0.043$	$49.959 + j0.049$
105.00 MHz	$0.012 - j11.340$	$0.032 + j67.471$
110.00 MHz	$4.625 \times 10^{-5} - j3.979$	$4.399 \times 10^{-4} + j146.339$

Dengan melakukan impedance matching pada impedansi sumber, terlihat bahwa pada saat frekuensinya 100 MHz, nilai impedansi sumber (50,048 + j0,043) ohm dan impedansi beban (49,959 + j0,049) ohm. Nilai – nilai tersebut dianggap telah matching sebesar 50 ohm. Karena nilai impedansi tersebut sudah matching, baik di sumber maupun di beban, maka tidak perlu lagi dilakukan

pengaturan impedance matching dengan menambahkan rangkaian pada impedance beban.

4.3 VSWR

Ketika merancang suatu rangkaian yang bekerja pada frekuensi tinggi, maka perlu diperhatikan 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 adalah bernilai 1, maka akan terjadi gelombang pantul yang seharusnya gelombang tersebut diterima oleh beban. Adanya gelombang pantul tersebut disebabkan oleh nilai impedansi antara sumber dengan beban tidak matching. Pada pembahasan impedance matching di atas dapat dilihat bahwa hasilnya adalah nilai impedansi antara sumber dengan beban sudah matching sebesar 50 ohm. Jadi secara teori, seharusnya nilai dari VSWR yang dihasilkan bernilai ideal antara 1 – 2.



Gambar 4.3 Hasil Simulasi VSWR

Gambar 4.3 merupakan hasil simulasi VSWR pada software ADS. Berdasarkan hasil simulasi, nilai VSWR yang dihasilkan pada frekuensi 100 MHz

yaitu sebesar 1.001, yang berarti hampir tidak ada gelombang yang dipantulkan oleh beban kembali ke sumber. Nilai VSWR 1.001 tersebut sudah sesuai dengan standar industri untuk suatu peralatan yang bekerja pada frekuensi tinggi, yaitu nilai VSWR berkisar antara 1 sampai 2. Jika VSWR yang dihasilkan bernilai lebih besar dari 2, berarti alat tersebut tidak layak dan harus dilakukan perancangan ulang.

4.3 Daya Input dan Daya Output

Pada proses perancangan telah disebutkan bahwa untuk mendapatkan berapa besar daya input dan daya output, terlebih dahulu diperlukan nilai tegangan input dan output serta arus input dan output dari rangkaian.

Tabel 4.3 Nilai Arus dan Tegangan Input.

Freq	I_Probe2.i	Vin
Time = 0.0000 sec		
0.0000 Hz	0.000/0.000	0.000/0.000
100.0 MHz	1.999E-6/-0.025	1.000E-4/0.025
200.0 MHz	0.000/0.000	0.000/0.000
300.0 MHz	0.000/0.000	0.000/0.000
400.0 MHz	0.000/0.000	0.000/0.000

Tabel 4.4 Nilai Arus dan Tegangan Output

Freq	I_Probe2.i	Vin
Time = 0.0000 sec		
0.0000 Hz	0.000/0.000	0.000/0.000
100.0 MHz	2.000E-6/-3.877	10.000E-5/-3.877
200.0 MHz	0.000/0.000	0.000/0.000
300.0 MHz	0.000/0.000	0.000/0.000
400.0 MHz	0.000/0.000	0.000/0.000

Table 4.3 dan 4.4 tersebut merupakan nilai arus dan tegangan yang didapatkan dari hasil simulasi. Pada frekuensi 100 MHz nilai arus input dan output memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Begitu pun dengan tegangan input dan output. Dari nilai – nilai tersebut bisa disimpulkan bahwa nilai daya yang nantinya akan dihasilkan pun tidak jauh berbeda antara input dan outputnya. Dari perhitungan manual pun didapatkan nilai daya input dan daya output yang tidak jauh berbeda. Berikut hasil perhitungan dengan menggunakan nilai pada Tabel 4.3 dan 4.4 :

$$P_{in} = 10 \times \log(V_{in} \times I_{probe2}) + 30$$

$$P_{in} = -66.99187 \text{ dB}$$

$$P_{out} = 10 \times \log(V_{out} \times I_{probe3}) + 30$$

$$P_{out} = -66.9897 \text{ dB}$$

Nilai hasil perhitungan tersebut tidak jauh berbeda dengan nilai yang dihasilkan pada hasil simulasi rangkaian. Berikut ini adalah table yang menunjukkan nilai daya input dan daya output pada hasil simulasi.

Tabel 4.5 Daya input dan daya output dalam dB

Time	Daya_Input	Daya_Output
0.0000 sec	-66.986	-66.990
10.00 nsec	-66.986	-66.990
20.00 nsec	-66.986	-66.990

Dari hasil simulasi daya pada Tabel 4.5 dapat terlihat bahwa nilai antara daya input dengan daya output tidak jauh berbeda. Hasil ini sudah bisa dipastikan sebelumnya karena nilai dari VSWR yang didapatkan pun menunjukkan hasil yang bagus. Yang artinya hampir semua daya yang ditransmisikan oleh sumber diterima oleh beban. Sehingga hanya sedikit loss yang terjadi pada rangkaian bandpass filter ini.

4.4 Hasil Return Loss dan Insertion Loss

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada dasar teori, bahwa nilai *Return loss* tergantung pada nilai VSWR. Dari hasil VSWR didapatkan hasil yang bagus yaitu VSWR bernilai 1.001. Hal ini berarti nilai *return loss* dari rangkaian bandpass filter pun akan bagus. Pada Gambar 4.2 di atas, selain menunjukkan besarnya *bandwidth* yang didapatkan, gambar tersebut juga menunjukkan nilai dari *return loss* dan *insertion loss* dari rangkaian yang dirancang.

Jika melihat hasil dari VSWR dan daya yang dihasilkan, daya input dan daya output, dapat dipastikan bahwa nilai dari *return loss* dan *insertion loss* yang terjadi pada rangkaian bernilai sesuai dengan yang diinginkan, yaitu *return loss* senegatif mungkin dan *insertion loss* yang semakin mendekati nilai 0. Hal ini sesuai dengan yang terlihat pada Gambar 4.2 di atas. Nilai *return loss* dapat dilihat pada kurva S(1,1) yang berwarna merah. Sedangkan nilai dari *insertion loss* dapat dilihat pada kurva S(2,1) yang berwarna biru. Pada frekuensi 100 MHz, nilai *return loss* (marker m1) adalah -63,832 dB. Sedangkan nilai *insertion loss* (marker m2) adalah $-1,797 \times 10^{-6}$ dB.

Contoh perhitungan untuk return loss adalah sebagai berikut :

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

$$R_L = 10 \log \left(\frac{1.001-1}{1.001+1} \right)^2$$

$$R_L = -66.02494 \text{ dB}$$

BAB 5 KESIMPULAN

1. Rangkaian Bandpass Filter yang dirancang adalah filter pasif yang terdiri dari induktor dan kapasitor.
2. Respon yang digunakan adalah Respon Chebyshev karena bisa didapatkan tingkat kecuraman yang tinggi dari passband ke stopband-nya.
3. Rangkaian Bandpass Filter ini melewati frekuensi 100 MHz dengan besar bandwidth 5 MHz.
4. Impedance matching dirancang agar memiliki nilai 50 ohm dan dihasilkan nilai input matching ($50.048+j0.043$) ohm dan nilai output matching ($49.959+j0.049$) ohm.
5. Setelah dilakukan simulasi, maka didapatkan hasil bahwa rangkaian automatic gain control yang dirancang sudah dapat memenuhi tujuan dari parameter – parameter yang ingin dicapai.

DAFTAR ACUAN

- [1] Bowick, Chris. "RF Circuit Design". Nomnes.2006
- [2] Team YYePG. *Practical Analog and Digital Filter Design*. Artech house, Inc. 2004
- [3] IEEE standard 802.16e-2005 Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems.
- [4] J. Delap, J. Borelli, T. Donisi, E. Staggs, "WiMax MIMO Circuit and System Design", Ansoft Corporation.
- [5] Wiharta. "Impedance Matching". <http://staff.unud.ac.id/~wiharta/wp-content/uploads/2008/02/matching-impedance.pdf>
- [6] Inder Bahl dan Bhartia, Prakash. "Microwave Solid State Circuit Design". Ottawa : Wiley Interscience.
- [7] Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor : 95/DIRJEN/2008

DAFTAR PUSTAKA

- Bowick, Chris. *RF Circuit Design*. Nomnes. 2006
- IEEE standard 802.16e-2005 Air Interface for Fixed and Mobile Broadband
Wireless Access Systems.
- Inder Bahl dan Bhartia, Prakash. *Microwave Solid State Circuit Design*. Ottawa :
Wiley Interscience.
- J. Delap, J. Borelli, T. Donisi, E. Staggs. *WiMax MIMO Circuit and System
Design*, Ansoft Corporation.
- Kugelstadt, Thomas. *Active Filter Design Techniques*. Texas Instruments. 2008
- Pozar, David M. *Microwave and RF Design of Wireless System*. John Wiley &
Sons. 2000
- Seng-Pan U, Rui Paulo Martins, dan Jose Epifanio da Franca. *Design of Very
High-Frequency Multirate Switch-Capacitor Circuit*. Netherlands : Springer.
2006
- Team YYePG. *Practical Analog and Digital Filter Design*. Artech house, Inc.
2004
- Impedance Matching*. Wiharta. [http://staff.unud.ac.id/~wiharta/wp-
content/uploads/2008/02/matching-impedance.pdf](http://staff.unud.ac.id/~wiharta/wp-content/uploads/2008/02/matching-impedance.pdf)
- W.S Cotter. *Complete Wireless Design*. Copyright. Beijing, China: Tsinghua
University Press. 2004.
- [http://www.trendcomms.com/multimedia/training/broadband%20networks/web/m
ain/Copper/Theme/Chapter2/Insertion%20Loss.html](http://www.trendcomms.com/multimedia/training/broadband%20networks/web/main/Copper/Theme/Chapter2/Insertion%20Loss.html)
- [http://www.trendcomms.com/multimedia/training/broadband%20networks/web/m
ain/Copper/Theme/Chapter2/Return%20Loss.html](http://www.trendcomms.com/multimedia/training/broadband%20networks/web/main/Copper/Theme/Chapter2/Return%20Loss.html)
- Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor : 95/DIRJEN/2008

Lampiran 1 : Tabel Nilai Elemen Chebyshev Filter Pada Berbagai Ripple [6]

Table 6.3 Element Values for Chebyshev Low-Pass Prototype Filter Having $g_0 = 1$, $\omega_c = 1$, and $n = 1, \dots, 10$ with Various Ripple Values

Value of n	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}	g_{11}
0.01 dB Ripple											
1	0.0960	1.0000									
2	0.4488	0.4077	1.1007								
3	0.6291	0.9702	0.6291	1.0000							
4	0.7128	1.2003	1.3212	0.6476	1.1007						
5	0.7563	1.3049	1.5773	1.3049	0.7563	1.0000					
6	0.7813	1.3600	1.6896	1.5350	1.4970	0.7098					
7	0.7969	1.3924	1.7481	1.6331	1.7481	1.3924	0.7969	1.0000			
8	0.8072	1.4130	1.7824	1.6833	1.8529	1.6193	1.5554	0.7333	1.1007		
9	0.8144	1.4270	1.8043	1.7125	1.9057	1.7125	1.8043	1.4270	0.8144	1.0000	
10	0.8196	1.4369	1.8192	1.7311	1.9362	1.7590	1.9055	1.6527	1.5817	0.7446	1.1007
0.1 dB Ripple											
1	0.3052	1.0000									
2	0.8430	0.6220	1.3554								
3	1.0315	1.1474	1.0315	1.0000							
4	1.1088	1.3061	1.7703	0.8180	1.3554						
5	1.1468	1.3712	1.9750	1.3712	1.1468	1.0000					
6	1.1681	1.4039	2.0562	1.5170	1.9029	0.8618					
7	1.1811	1.4228	2.0966	1.5733	2.0966	1.4228	1.3554	1.0000			
8	1.1897	1.4346	2.1199	1.6010	2.1699	1.5640	1.8111	0.8778	1.3554		
9	1.1956	1.4425	2.1345	1.6167	2.2053	1.6167	2.1345	1.4425	1.1956	1.0000	
10	1.1999	1.4481	2.1444	1.6265	2.2253	1.6418	2.2046	1.5821	1.9628	0.8853	1.3554

(Lanjutan)

0.2 dB Ripple									
1	0.4342	1.0000	1.0000	1.5386	1.0000	1.5386	1.0000	1.5386	1.0000
2	1.0378	0.6745	1.5386	1.2275	0.8468	1.5386	1.3722	1.0000	1.5386
3	1.2275	1.1525	1.2275	1.9761	1.3370	1.3394	0.8972	1.3860	1.0000
4	1.3028	1.2844	1.9761	2.1660	1.4555	2.0974	1.3938	2.1514	0.9034
5	1.3394	1.3370	2.1660	2.2394	1.5001	2.2756	1.5066	2.1514	0.9034
6	1.3598	1.3632	2.2394	2.2756	1.5217	2.3413	1.5340	2.1514	0.9034
7	1.3722	1.3781	2.2756	2.2963	1.5340	2.3728	1.5536	2.1514	0.9034
8	1.3804	1.3875	2.2963	2.3093	1.5417	2.3904	1.5536	2.1514	0.9034
9	1.3860	1.3938	2.3093	2.3181					
10	1.3901	1.3983	2.3181						
0.5 dB Ripple									
1	0.6986	1.0000	1.0000	1.9841	1.0000	1.9841	1.0000	1.9841	1.0000
2	1.4029	0.7071	1.9841	1.5963	0.8419	1.7058	1.7372	1.0000	1.9841
3	1.5963	1.0967	1.5963	2.3661	1.2296	2.4758	1.7372	1.0000	1.9841
4	1.6703	1.1926	2.3661	2.5408	1.3137	2.6964	1.7372	1.0000	1.9841
5	1.7058	1.2296	2.5408	2.6064	1.3444	2.7239	1.7372	1.0000	1.9841
6	1.7254	1.2479	2.6064	2.6381	1.3590	2.7239	1.7372	1.0000	1.9841
7	1.7372	1.2583	2.6381	2.6564	1.3673	2.7392	1.7372	1.0000	1.9841
8	1.7451	1.2647	2.6564	2.6678	1.3725	2.7392	1.7372	1.0000	1.9841
9	1.7504	1.2690	2.6678	2.6754					
10	1.7543	1.2721	2.6754						