



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN MIKROSTRIP DIPLEXER UNTUK MOBILE
WIMAX PADA FREKUENSI 2,3 GHz DAN 2,5 GHz DENGAN
MENGUNAKAN PARALLEL-COUPLED, HALF-WAVE
RESONATOR BANDPASS FILTER**

SKRIPSI

**SAKTI PRATAMA
0606074331**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN MIKROSTRIP DIPLEXER UNTUK MOBILE
WIMAX PADA FREKUENSI 2,3 GHz DAN 2,5 GHz DENGAN
MENGUNAKAN PARALLEL-COUPLED, HALF-WAVE
RESONATOR BANDPASS FILTER**

SKRIPSI

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik

**SAKTI PRATAMA
0606074331**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Sakti Pratama

NPM : 0606074331

Tanda Tangan:

Tanggal : 10 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Sakti Pratama
NPM : 0606074331
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan *Mikrostrip Diplexer* Untuk Mobile WiMax Pada Frekuensi 2,3 GHz Dan 2,5 GHz dengan Menggunakan *Parallel-coupled, Half-wave Resonator Bandpass Filter*

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

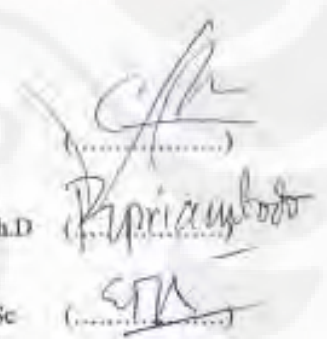
Pembimbing : Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc, Ph.D.

Penguji : Ir. Purnomo Sidi Priambodo M.Sc, Ph.D

Penguji : Prof. Dr. Ir. Eko Tjipto Rahardjo M.Sc

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 JUNI 2010



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: Ir. Gunawan Wibisono, M.Sc, Ph.D selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;

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

Depok, Juni 2010

Penulis

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

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

Nama : Sakti Pratama
NPM : 0606074331
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 *Mikrostrip Diplexer* Untuk Mobile WiMax Pada Frekuensi 2.3 GHz
Dan 2,5 GHz dengan Menggunakan *Parallel-coupled, Half-wave Resonator*
Bandpass Filter

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 : Depok
Pada tanggal : 10 Juni 2010
Yang menyatakan

(Sakti Pratama)

ABSTRAK

Nama : Sakti Pratama
Program studi : Teknik Elektro
Judul : Perancangan *Mikrostrip Diplexer* Untuk Mobile WiMax Pada Frekuensi 2.3 GHz Dan 2,5 GHz dengan Menggunakan *Parallel-coupled, Half-wave Resonator Bandpass Filter*

Pada skripsi ini dirancang mikrostrip diplexer untuk aplikasi WiMAX pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,5 GHz. Diplexer adalah suatu alat yang terdiri dari dua atau lebih filter yang digabungkan yang digunakan untuk memisahkan dua atau lebih frekuensi yang berbeda. Perancangan akan menggunakan dua *parallel-coupled, half-wave resonator bandpass filter* yang digabungkan menjadi diplexer dengan menggunakan sambungan *Y-junction*. Penggunaan dari *parallel-coupled, half-wave resonator bandpass filter* dikarenakan tipe filter ini sesuai untuk perancangan filter dengan bandwidth yang lebih kecil dari 10 persen nilai frekuensi kerjanya. Pada perancangan, digunakan filter Chebyshev dengan orde 4 untuk memperoleh tingkat kecuraman yang cukup tinggi dari passband ke stopband-nya. *Y-junction* digunakan untuk meningkatkan kualitas transmisi dan karakteristik refleksi dari diplexer. Perancangan dan simulasi dari hasil rancangan dilakukan menggunakan program ADS. Dari hasil simulasi diplexer yang dirancang dapat menyaring dua frekuensi yaitu frekuensi 2,3 GHz dan 2,5 GHz dengan masing-masing bandwidth 100 MHz, VSWR pada frekuensi 2,3 GHz senilai 1,297 dan pada frekuensi 2,5 GHz sebesar 1,672. *Return loss* pada frekuensi 2,3 GHz bernilai -24,38 dB dan *insertion loss* bernilai -0,016 dB. Sedangkan pada 2,5 GHz *return loss* bernilai -12,078 dB dan *insertion loss* bernilai -0,283 dB. Dalam pengukuran daya, nilai antara daya input dengan daya output tidak jauh berbeda. Pada frekuensi 2,3 GHz dari simulasi diperoleh daya masukan sebesar 2×10^{-10} W dan daya keluaran sebesar $1,98 \times 10^{-10}$ W. Demikian juga pada frekuensi 2,5 GHz dari hasil simulasi diperoleh daya masukan sebesar $2,08 \times 10^{-10}$ W dan daya keluaran sebesar $1,87 \times 10^{-10}$ W

Kata Kunci : *Diplexer, Bandpass filter, Y-junction*

ABSTRACT

Name : Sakti Pratama
Major : Teknik Elektro
Title : *Microstrip Diplexer* Design for Mobile WiMax at 2,3 GHz dan 2,5GHz Using Parallel-coupled, Half-wave Resonator Bandpass Filter

This thesis discusses microstrip diplexer designed for WiMAX applications at a frequency of 2.3 GHz and 2.5 GHz. Diplexer is a device consisting of two or more filters combined to separate two or more different frequencies. The design will use two parallel-coupled, half-wave resonator bandpass filter that is coupled to a diplexer by using a Y-junction. The use of parallel-coupled, half-wave resonator bandpass filters is because this filter type is suitable for designing filters with bandwidth of less than 10 percent of the value of its frequency. On designing, Chebyshev filters with the order of 4 is used to obtain a high enough level of steepness of its passband to stopband. Y-junction is used to improve the quality of transmission and reflection characteristics of the diplexer. Design and simulation of the design was done using the ADS program. From the simulation results it is shown that the designed diplexer is able to filter out the two frequencies which is the frequency of 2.3 GHz and 2.5 GHz with each of the 100 MHz bandwidth, VSWR at frequency 2.3 valued at 1.297 GHz and 2.5 GHz at a frequency of 1.672. Return loss value at 2.3 GHz frequency is -24.38 dB and the insertion loss value is -0.016 dB. While at 2.5 GHz the return loss and insertion loss value is -12.078 dB and -0.283 dB. In power measurements, the value of input power with the power output is not much different. At frequency 2.3 GHz from the simulation result, input power is obtained 2×10^{-10} W and the output power is 1.98×10^{-10} W. Similarly, at a frequency of 2.5 GHz from the simulation results, input power is obtained 2.08×10^{-10} W and the output power is 1.87×10^{-10} W.

Keyword : Diplexer, Bandpass filter, Y-junction

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	3
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	6
2.2.1 <i>BPF (Band Pass Filter)</i>	8
2.2.2 Parallel-Coupled, Half-Wavelength Resonator Filter	9
2.2.3 <i>Chebyshev Response</i>	11
2.2.4 Return Loss dan Insertion Loss	14
2.3 Diplexer	14
BAB 3 PERENCANAAN PERANCANGAN MIKROSTRIP DIPLEXER	16
3.1 Perancangan Bandpass Filter	16
3.2 Penggabungan Bandpass Filter Menjadi Diplexer	20
BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISA	24
4.1 Hasil Simulasi Desain Diplexer	24
4.2 VSWR	25
4.3 Hasil Return Loss dan Insertion Loss	26
4.4 Daya Input dan Daya Output	27
BAB 5 KESIMPULAN	31
DAFTAR ACUAN	32
LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram Filter	6
Gambar 2.2 Respon Filter yang Sempurna	6
Gambar 2.3 Respon Filter dalam Praktiknya	7
Gambar 2.4 <i>Shape Factor</i> yang Tidak Mungkin Terjadi	8
Gambar 2.5 Spesifikasi <i>Bandpass Filter</i>	9
Gambar 2.6 Struktur umum <i>parallel (edge)-coupled microstrip bandpass filter</i>	10
Gambar 2.7 Perbandingan dari 3-elemen respon <i>Chebyshev</i> dengan <i>Butterworth</i>	11
Gambar 2.8 Karakteristik attenuasi untuk filter <i>Chebyshev</i> dengan <i>ripple</i> sebesar 0.01 dB	13
Gambar 2.9 Struktur dari WiMAX <i>front-end</i>	15
Gambar 3.1 Blok diagram implementasi diplexer pada mobile wimax	16
Gambar 3.2 Perhitungan dimensi <i>parallel-coupled, half-wave resonator filter</i> dengan fitur LineCalc pada ADS	18
Gambar 3,3 Desain bandpass filter 2,3 GHz pada layout ADS	19
Gambar 3,4 Desain bandpass filter 2,5 GHz pada layout ADS	20
Gambar 3.5 Sambungan Y-junction yang akan digunakan	21
Gambar 3,6 Rancangan diplexer dengan menggunakan Y-Junction	23
Gambar 4.1 (a) Hasil simulasi S-parameter diplexer (b) Bagian A yang diperbesar	24
Gambar 4.2 Hasil Simulasi VSWR	25
Gambar 4.3 (a) <i>Return loss</i> dan <i>insertion loss</i> (b) Bagian A yang diperbesar	26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Chebyshev Polynomial Orde n	12
Tabel 3.1 Hasil Perhitungan <i>Even- characteristic Impedances (Z_{oe})</i> dan <i>Odd-mode Characteristic Impedances (Z_{oo})</i> dari <i>Coupled Microstrip Line Resonator</i>	18
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Dimensi Bandpass Filter 2,3 GHz	19
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Dimensi Bandpass Filter 2,5 GHz	20
Tabel 3.4 Dimensi Bagian Bandpass Filter 2,3 GHz Setelah Dilakukan Penyesuaian	22
Tabel 3.5 Dimensi Bagian Bandpass Filter 2,5 GHz Setelah Dilakukan Penyesuaian	22
Tabel 4.1 Nilai Arus Input dan Tegangan Input Saat Sinyal Masukan 2,3 GHz	27
Tabel 4.2 Nilai Arus Output dan Tegangan Output pada 2,3 GHz	28
Tabel 4.3 Nilai Arus Input dan Tegangan Input saat sinyal masukan 2,5 GHz	28
Tabel 4.4 Nilai Arus Output dan Tegangan Output pada 2,5 GHz	29
Tabel 4.5 Daya Input dan Daya Output Hasil Simulasi dalam dB	30
Tabel 4.6 Rangkuman Hasil Simulasi	30

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

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 [5]. Oleh karena itu digunakanlah Microstrip Diplexer untuk menyeleksi frekuensi yang dibutuhkan berdasarkan spesifikasi standar WiMAX yang telah ditetapkan. Diplexer merupakan sebuah *three port devices* yang biasanya digunakan setelah antena *multi-band* atau *wide band*, yang menerima dua atau lebih frekuensi pada bagian port input dan kemudian memisahkannya pada dua port output [1]. Penggunaan diplexer filter ini dimaksudkan agar filter tidak hanya menyeleksi satu jenis frekuensi saja, tapi juga dapat menyeleksi frekuensi lain sesuai dengan spesifikasi rancangannya. .

Sementara itu sering dengan perkembangan teknologi, permintaan akan bandpass filter dan diplexer yang murah, mempunyai loss yang rendah, berukuran kecil dan ringan semakin meningkat [2]. Maka digunakanlah mikrostrip yang mempunyai biaya lebih murah dari teknologi waveguide yang biasa digunakan. Disamping itu mikrostrip juga memiliki bobot yang lebih ringan dan lebih ringkas dari segi ukuran [2].

Pada aplikasinya banyak ditemukan berbagai macam desain diplexer dengan kombinasi filter yang berbeda-beda, seperti bandpass dengan bandpass [1], lowpass dengan bandpass [3], atau bandpass dengan bandstop [4], sesuai dengan kebutuhan dari aplikasi yang digunakan. Perancangan diplexer yang akan dilakukan menggunakan penggabungan dua buah bandpass filter dengan masing-masingnya didesain pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,5 GHz.

Penggabungan diplexer ini biasanya menggunakan beberapa variasi dari *T-junctions* [2]. Namun sering kali penghubungan beberapa filter yang berbeda pada suatu port dapat menyebabkan interaksi dan degradasi dari karakteristik transfer awal filter dan menyebabkan dibutuhkan rekonfigurasi tambahan pada filter yang digunakan. Padahal kebutuhan utama pada multiplexer adalah adanya isolasi yang tinggi antara filter-filter yang ada, dan VSWR yang rendah pada port yang digunakan bersama [1].

Untuk meningkatkan kualitas transmisi dan karakteristik refleksi dari diplexer, maka pada perancangan diplexer yang dilakukan akan digunakan modifikasi dari *Y-junction* dimana salah satu cabang terhubung lurus, sedangkan cabang yang lain terhubung dengan membentuk 45° [1].

Maka untuk memenuhi kebutuhan akan bandpass filter dan diplexer yang murah, mempunyai loss yang rendah, berukuran kecil dan ringan, serta diharapkan dapat mengakomodasi dua frekuensi yang berbeda, digunakanlah mikrostrip diplexer sebagai salah satu pemisah spektrum untuk aplikasi WiMAX.

1.2 TUJUAN

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengidentifikasi implementasi dan metode dalam membuat suatu rancangan *microstrip diplexer* untuk mobile WiMax pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,5GHz.

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam skripsi ini dibahas mengenai alur serta langkah dalam perencanaan perancangan mikrostrip diplexer untuk aplikasi WiMAX pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,5 GHz. Dan juga akan dibahas hasil simulasi dan analisa hasil simulasi.

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 dibahas sekilas mengenai pengenalan pada WiMAX secara umum dan spesifikasi sistem mobile WiMAX yang digunakan di Indonesia. Pada bab ini juga akan dibahas teori mengenai filter, komponen –komponen yang menyusunnya, serta diplexer filter.

BAB 3 PERENCANAAN PERANCANGAN MIKROSTRIP DIPLEXER

Menjelaskan mengenai langkah perancangan dan desain yang akan dilakukan.

BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISA

Membahas mengenai data-data hasil simulasi dan analisa dari data-data tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN

Dikemukakan berupa poin – poin kesimpulan dari keseluruhan laporan skripsi.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 WiMAX

WiMAX sebenarnya bukan sebuah teknologi, tapi lebih kepada sebuah bentuk penyesuaian atau tanda persetujuan dan tes interoperability sebagai anggota dari standar IEEE 802.16. IEEE 802.16 merupakan sebuah badan kerja yang menetapkan standar teknologi Broadband Wireless Access. Agar dapat diterapkan dan aman bagi lingkungan.

Pada awalnya standar WiMAX berada pada rentang frekuensi 10 sampai 66 GHz. (802.16a), tapi terus diperbaharui

1. Tahun 2004 menjadi 802.16-2004 dikenal juga dengan 802.16d yang memiliki rentang frekuensi 2 sampai 11 GHz. Spesifikasi ini dikenal juga dengan nama fixed WiMax.
2. Tahun 2005 diperbaharui lagi menjadi 802.16e dikenal dengan mobile WiMax dan menggunakan orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) yang digunakan untuk mendukung mobilitas (Handover, roaming) pada system selular sampai 120 km/jam dan bekerja dalam NLOS. Digunakan untuk aplikasi mobile access.

Penggunaan OFDM yang baru ini memberikan keuntungan dalam hal cakupan, instalasi, konsumsi daya, penggunaan frekuensi dan efisiensi pita frekuensi. WiMax yang menggunakan standar 802.16e memiliki kemampuan *hand over* atau *hand off*, sebagaimana layaknya pada komunikasi selular.

2.1.1 Prinsip Kerja WiMAX

WiMAX dapat bekerja dengan memberikan 2 format layanan wireless [5]:

- a) *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

- b) *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.

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

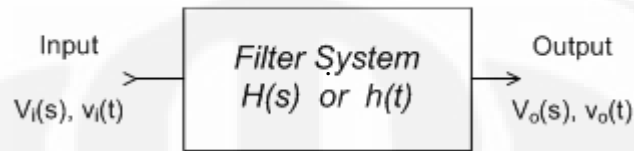
Seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi, maka teknologi WiMAX juga terus berkembang dan sampai pada tahun 2005 dikeluarkan standard baru WiMAX IEEE 802.16e yaitu standar untuk *mobile* WiMAX.

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 [5].

Rangkaian 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 2,5 GHz dan tidak membutuhkan persyaratan *line of sight* untuk jangkauan area yang dapat dicapai.

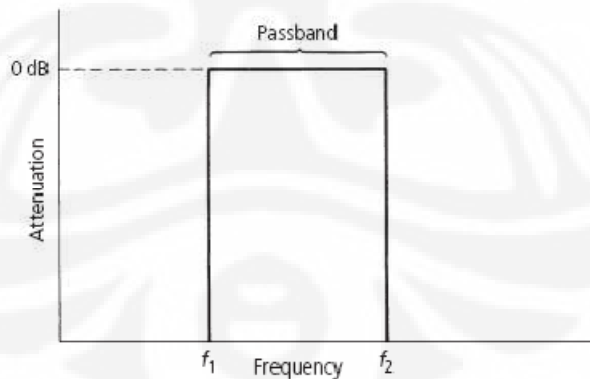
2.2 Filter

Filter secara umum dapat dijelaskan dengan gambar berikut :



Gambar 2.1 Blok diagram filter[7]

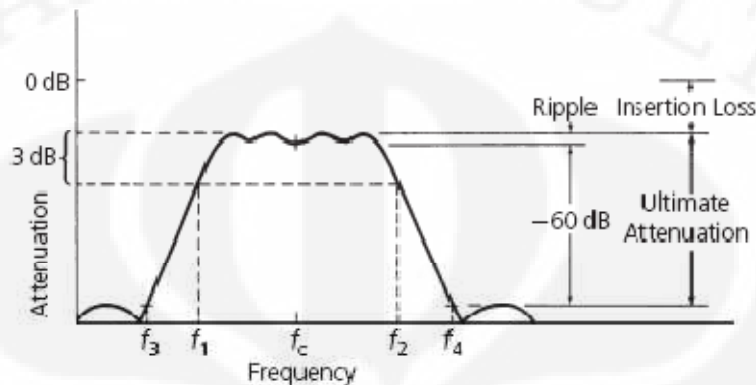
$V_i(t)$ merupakan sinyal dengan beberapa komponen yang frekuensinya berbeda-beda. Rangkaian pemilah frekuensi dalam hal ini memilih sinyal dengan frekuensi tertentu saja, demikian sehingga $v_o(t)$ merupakan tegangan dengan salah satu (daerah) frekuensi saja. Pemisahan frekuensi ini dinyatakan dalam 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[8]

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[8]

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 [5] :

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* bias 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. *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.

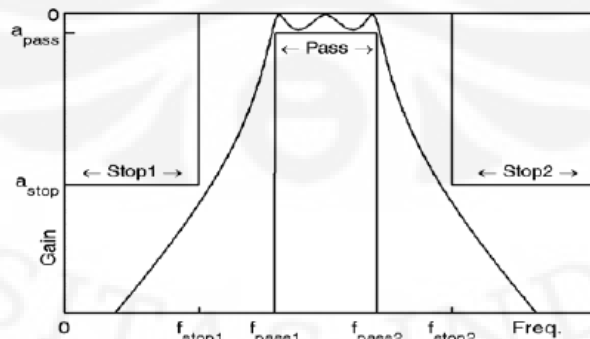
Kondisi ini terjadi dengan asumsi tidak dilakukannya impedansi matching. Attenuasi yang dihasilkan dari kejadian itu disebut sebagai *insertion loss* dan ini merupakan parameter yang penting. Biasanya diekspresikan dalam *decibel* (dB).

4. *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 BPF (Band Pass Filter)

Berdasarkan kondisi dan tujuan sistem filter dikelompok menjadi LPF (*Low Pass Filter*), HPF (*High Pass Filter*), BRF (*Band Reject Filter*), dan BPF (*Band Pass Filter*) [5]. 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*. Sebelumnya telah dijelaskan 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. Untuk diplexer yang akan dirancang kali ini digunakan penggabungan dua buah bandpass filter..

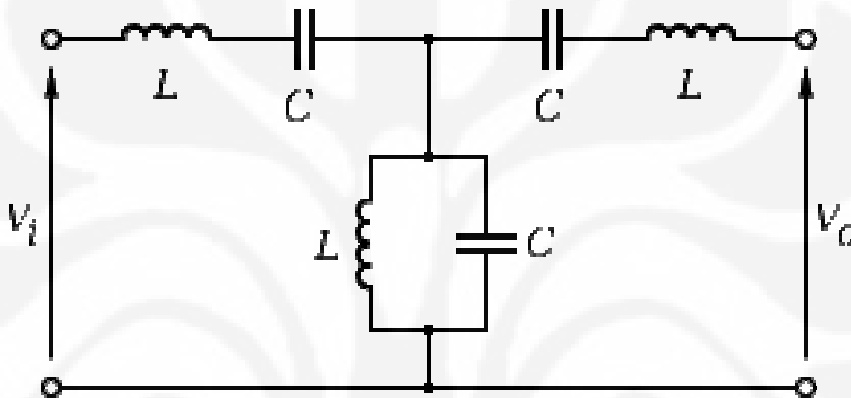
Bandpass filter adalah rangkaian yang melewatkan frekuensi pada daerah tertentu dan meredam frekuensi di luar daerah tersebut. Bandpass filter merupakan penggabungan dari *lowpass filter* dan *highpass filter*.



Gambar 2.4 Spesifikasi *Bandpass Filter*[7]

Gambar 2.4 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 :

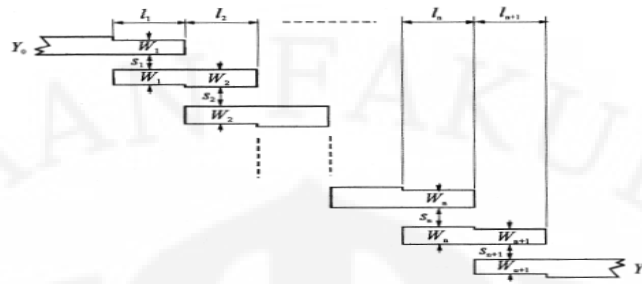


Gambar 2.5 Rangkaian Dasar *Bandpass Filter*[5]

Gambar 2.5 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 Parallel-Coupled, Half-Wavelength Resonator Filter

Struktur umum dari *parallel-coupled* (atau *edge-coupled*) *microstrip bandpass filter* yang menggunakan *half-wavelength line resonators* dapat dilihat pada gambar 2.6. Posisinya diatur sehingga resonator yang berdekatan setengah dari panjangnya paralel satu sama lain.



Gambar 2.6 Struktur umum *parallel (edge)-coupled microstrip bandpass filter* [10].

Persamaan yang digunakan dalam mendesain filter tipe ini adalah [12]

$$Z_0 j_1 = \frac{\pi \Delta}{\sqrt{2g_1}} \quad \text{untuk } n = 1 \quad (2.1)$$

$$Z_0 j_n = \frac{\pi \Delta}{2\sqrt{g_{n-1}g_n}} \quad \text{untuk } n = 2, 3 \dots N \quad (2.2)$$

$$Z_0 j_{N+1} = \frac{\pi \Delta}{\sqrt{2g_N g_{N+1}}} \quad (2.3)$$

dimana $g_0, g_1 \dots g_N$ = elemen dari *ladder-type lowpass prototype*

$\Delta = (\omega_2 - \omega_1) / \omega_0$, rasio antara selisih batas atas dan batas bawah dengan frekuensi cutoff

j = *characteristic admittances* dari *J-inverters*

Z_0 = *characteristic impedance* = $50 \Omega = 1/Y_0$

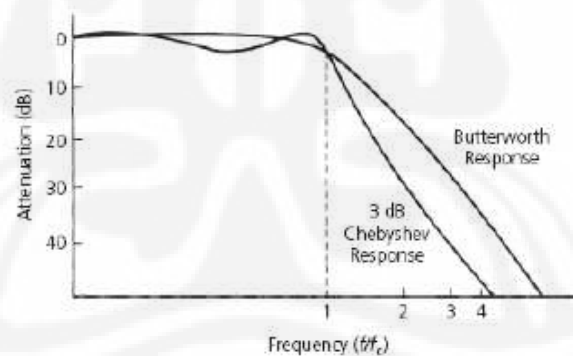
Untuk mendapatkan *J-inverters* yang diperoleh diatas, *even- and odd-mode characteristic impedances* dari *coupled microstrip line resonator* dapat ditentukan dengan persamaan [12]

$$Z_{0e} = Z_0[1 + jZ_0 + (jZ_0)^2] \quad (2.4)$$

$$Z_{0o} = Z_0[1 - jZ_0 + (jZ_0)^2] \quad (2.5)$$

2.2.3 Chebyshev Response

Seperti yang kita ketahui, sebuah filter ideal tidaklah mungkin diperoleh. Maka tujuan dari pendisainan adalah untuk melakukan pendekatan menuju keidealan dengan toleransi yang masih diterima. Beberapa pendekatan diantaranya Butterworth, Chebyshev, Bessel dan Elliptic. Dalam hal ini digunakan filter chebyshev. 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 2.7 Perbandingan dari 3-elemen respon *Chebyshev* dengan *Butterworth* [5]

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 [8] :

$$A_{dB} = 10 \log \left[1 + \varepsilon^2 C_n^2 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)' \right] \quad (2.6)$$

Dimana $C_n^2 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)'$ merupakan polinomial chebyshev pada orde tertentu yang nilainya bergantung pada $\left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)'$.

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	$16 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^5 - 20 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^3 + \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)$
6	$32 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^6 - 46 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^4 + 18 \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 - 1$
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 :

$$\varepsilon = \sqrt{10^{Rdb/10} - 1} \quad \text{dimana Rdb adalah ripple dalam decibel (dB)} \quad (2.7)$$

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

$$B = \frac{1}{n} \left(\cosh^{-1} \frac{1}{\varepsilon} \right) \quad (2.8)$$

Dimana n = orde filter,

ε = parameter yang telah didefinisikan sebelumnya

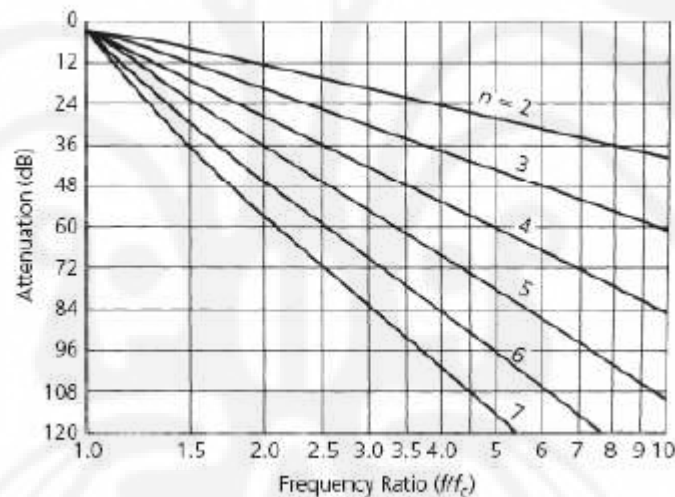
\cosh^{-1} = invers dari *hyperbolic* cosinus

setelah menghitung parameter – parameter tersebut, maka akan didapatkan nilai $(\omega/\omega_c)'$ dengan rumus sebagai berikut:

$$\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)' = \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right) \cosh B \quad (2.9)$$

dengan $\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)$ = rasio dari frekuensi yang menarik ke frekuensi cutoff.

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



Gambar 2.8 Karakteristik attenuasi untuk filter Chebyshev dengan *ripple* sebesar 0.01 dB [5]

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.

2.2.4 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 [5]. Agar daya yang ditransfer maksimum, return loss

haruslah sekecil mungkin atau jika diekspresikan dalam dB, nilai return loss harus bernilai negative sebesar mungkin. 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 maka persamaan *return loss* :

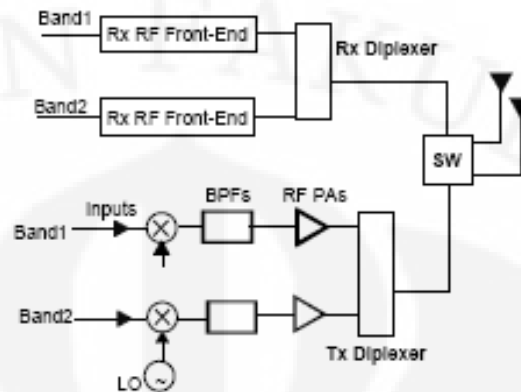
$$R_L = 10 \log \frac{P_R}{P_T} = 10 \log \left(\frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right)^2 \quad (2.10)$$

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*. Dalam decibel (dB) nilai insertion loss sebisa mungkin harus mendekati nilai 0.

2.3 Diplexer

Diplexer adalah suatu alat yang terdiri dari dua atau lebih filter yang digabungkan yang digunakan untuk memisahkan dua atau lebih frekuensi yang berbeda Diplexer merupakan sebuah *three port devices* yang biasanya digunakan setelah antena *multi-band* atau *wide band*, yang menerima dua atau lebih frekuensi pada bagian port input dan kemudian memisahkannya pada dua port output [1].

Penggunaan diplexer filter ini dimaksudkan agar filter tidak hanya menyeleksi satu jenis frekuensi saja, tapi juga dapat menyeleksi frekuensi lain sesuai dengan spesifikasi rancangannya.



Gambar 2.9 Struktur dari WiMAX *front-end* [2]

Diplexer merupakan sebuah divais pasif yang dapat melakukan multiplexing frekuensi. Misal dua port L and H, dimana port L dan H menempati frekuensi yang berbeda, dimultiplex ke dalam port S. Sehingga sinyal pada L and H dapat berada dalam port S tanpa menginterferensi satu sama lain [9].

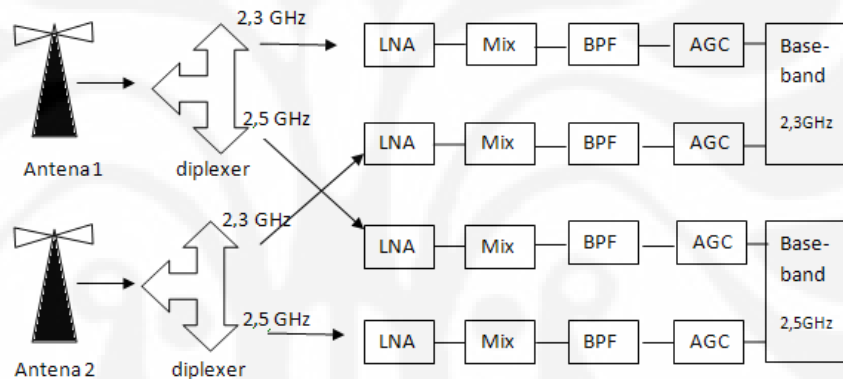
Terdapat banyak kombinasi dari diplexer, seperti bandpass/bandpass [1],[2], lowpass/bandpass [3], atau bandpass dengan bandstop [4], sesuai dengan kebutuhan dari aplikasi yang digunakan.

Diplexer secara umum banyak digunakan pada stasiun pemancar gelombang menengah dan pemancar radio, dimana beberapa stasiun radio mentransmisikan siaran melalui satu antenna saja.. Keuntungan utama dari diplexer adalah memungkinkan dua peralatan yang berbeda untuk digunakan pada satu kanal informasi yang sama. Misalnya penggunaan kabel koaksial yang panjang, dengan menggunakan diplexer, dimungkinkan penggunaan satu kabel untuk dua peralatan yang berbeda. Hal ini lebih ekonomis daripada menggunakan dua kabel. Keuntungan ini membuat diplexer filter dapat menjadi peralatan back-up. Ketika misalnya, salah satu dari dua antenna yang mentransmisikan dua frekuensi yang berbeda sedang dalam perbaikan, maka diplexer memungkinkan antenna yang lain untuk memancarkan kedua frekuensi tersebut.[9].

BAB 3

PERANCANGAN MIKROSTRIP DIPLEXER

Perancangan dari microwave diplexer/multiplexer terdiri dari dua langkah. Pertama mendesain microwave filter yang biasanya merupakan struktur bandpass/bandstop yang terkadang dikombinasikan dengan lowpass/highpass filter. Langkah kedua adalah menggabungkan filter yang telah dikembangkan tadi menggunakan matching networks [1]. Implementasi diplexer pada sistem mobile wimax dapat dilihat pada blok diagram dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok diagram implementasi diplexer pada mobile wimax

Pada Gambar 3.1, secara sederhana terlihat bahwa untuk sistem MIMO 2x2 dengan 2 antenna receiver, Masing-masing antenna dapat menerima beberapa frekuensi yang berbeda, dan masing-masing antenna memiliki satu diplexer yang akan memisahkan frekuensi yang diterima dan menyalurkan ke perlengkapan yang sesuai, sehingga dapat dipisahkan antara frekuensi 2,3 GHz dengan 2,5 GHz

3.1 Perancangan Bandpass Filter

Rangkaian 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 2,5 GHz.

Pertama kali dirancang bandpass filter 2,3 GHz dengan lebar bandwidth 100 MHz. Perancangan bandpass filter ini akan mengikuti metode *insertion loss* [11]. Dalam langkah pertama dipilih perancangan dengan menggunakan filter chebyshev dengan orde 4. Pemilihan filter Chebyshev karena filter yang akan dirancang diharapkan mempunyai tingkat kecuraman yang tinggi dari passband ke stopband-nya. Pemilihan orde 4 dilakukan agar filter yang dirancang mempunyai kecuraman / roll off yang cukup tajam (24 db/Oktav) namun juga tetap memperhatikan keringkasan dimensi, karena filter menggunakan bentuk *couple*, maka apabila menggunakan orde yang lebih tinggi kecuraman yang didapat memang akan lebih baik, namun dimensi filter juga akan menjadi lebih besar.

Nilai dari g_k ditentukan dari tabel nilai elemen untuk Chebyshev filter [12] yang terdapat pada lampiran. Dengan melihat nilai yang tertera pada lampiran tersebut pada ripple dan orde yang diinginkan, nilai – nilai g_k untuk filter ber-orde 4 adalah :

$$g_1 = 1,6703$$

$$g_2 = 1,1926$$

$$g_3 = 2,3661$$

$$g_4 = 0.8419$$

$$g_5 = 1,9841$$

Kemudian dari nilai elemen yang diperoleh, untuk menghitung nilai j merupakan *characteristic admittances* dari *J-inverters* yang akan digunakan, dipakai persamaan (2.1) , (2,2) , dan (2,3) sehingga diperoleh nilai Z_{0j_n} untuk masing - masing nilai elemen. Setelah memperoleh nilai-nilai tersebut, selanjutnya dapat dicari nilai , *even- characteristic impedances* (Z_{oe}) dan *odd-mode characteristic impedances* (Z_{oo}) dari *coupled microstrip line resonator* dengan menggunakan persamaan (2,4) dan (2,5). Maka keseluruhan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan dalam Tabel berikut :

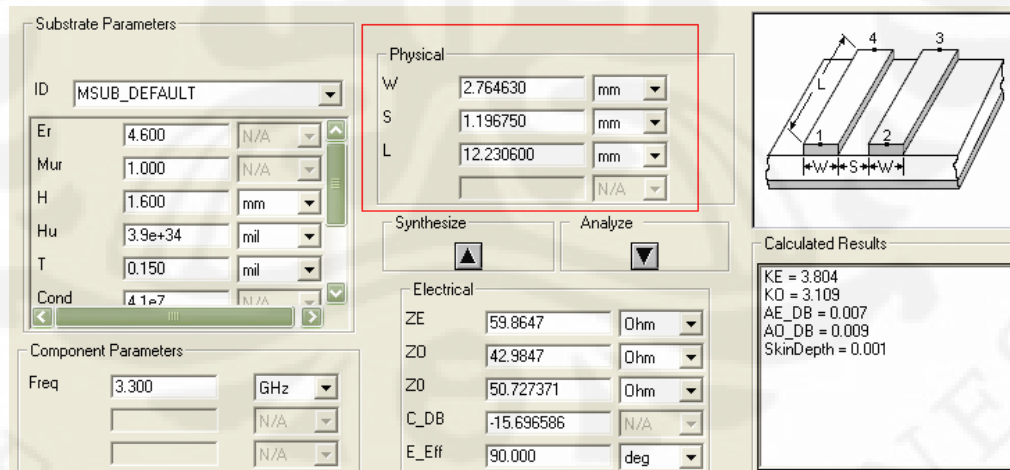
Tabel 3.1 Hasil Perhitungan *Even-characteristic Impedances (Zoe)* dan *Odd-mode Characteristic Impedances (Zoo)* dari *Coupled Microstrip Line Resonator*

n	g_n	Z_{0j_n}	$Z_{oe} (\Omega)$	$Z_{oo} (\Omega)$
1	1,6703	0,202	62,153	41,934
2	1,1926	0,048	52,515	47,715
3	2,3661	0,04	52,08	48,08
4	0.8419	0,048	52.515	47.715
5	1,9841	0,202	62,153	41,934

Dapat dilihat dari Tabel 3.1, nilai yang diperoleh simetris pada bagian tengah.

Langkah berikutnya adalah mewujudkan rangkaian filter yang diperoleh ke dalam bentuk mikrostrip yang sesuai. Bentuk yang akan dicoba untuk diimplementasikan adalah *parallel-coupled, half-wave resonator filter*. Perancangan filter mikrostrip ini menggunakan program *Advance Design System (ADS)*.

Dari nilai Z_{oo} dan Z_{oe} yang diperoleh sebelumnya, dapat ditentukan dimensi dari masing-masing bagian dari *parallel-coupled, half-wave resonator filter* dengan menggunakan fitur *LineCalc* yang terdapat pada ADS.



Gambar 3.2 Perhitungan dimensi *parallel-coupled, half-wave resonator filter* dengan fitur *LineCalc* pada ADS.

Pada perhitungan dimensi ini digunakan substrat alumina dengan konstanta dielektrik 4,6 dan ketebalan 1,6 mm.

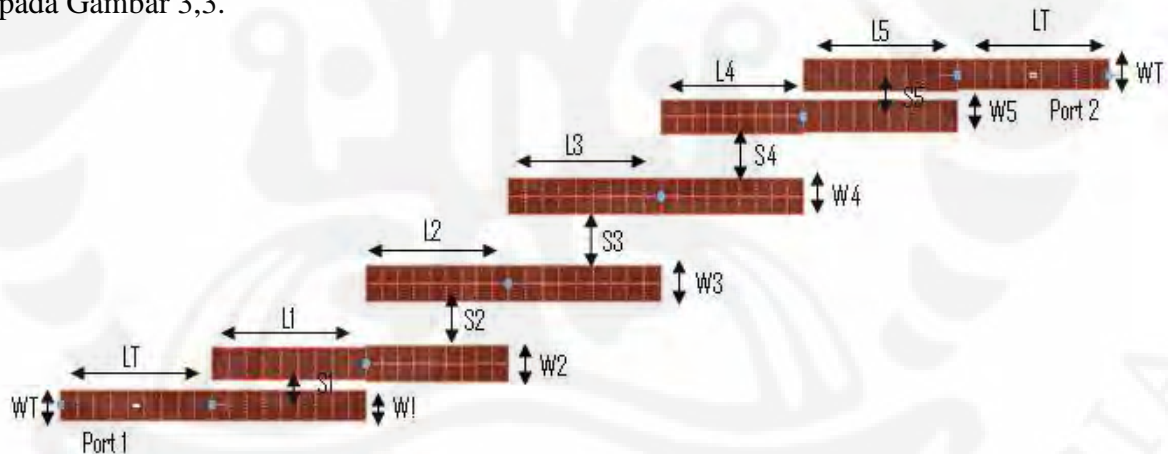
Dari hasil perhitungan dengan menggunakan LineCalc diperoleh panjang (L), lebar (W) dan lebar celah (S) *coupled line* serta panjang (L_T), dan lebar (W_T) dari *line* 50Ω untuk filter yang akan dirancang sebagai berikut :

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Dimensi Bandpass Filter 2,3 GHz

n	W	S	L
1	2,671 mm	0,911 mm	17,685 mm
2	2,937 mm	3,873 mm	17,467 mm
3	2,942 mm	4,444 mm	17,467 mm
4	2,937 mm	3,873 mm	17,467 mm
5	2,671 mm	0,911 mm	17,685 mm

Dengan dimensi *line* 50Ω : $W_T = 2,596$ mm dan $L_T = 17,407$ mm

Dengan menggunakan ukuran dimensi ini, dilakukan perancangan filter pada ADS sehingga dihasilkan desain bandpass filter 2,3 GHz yang diinginkan seperti pada Gambar 3,3.



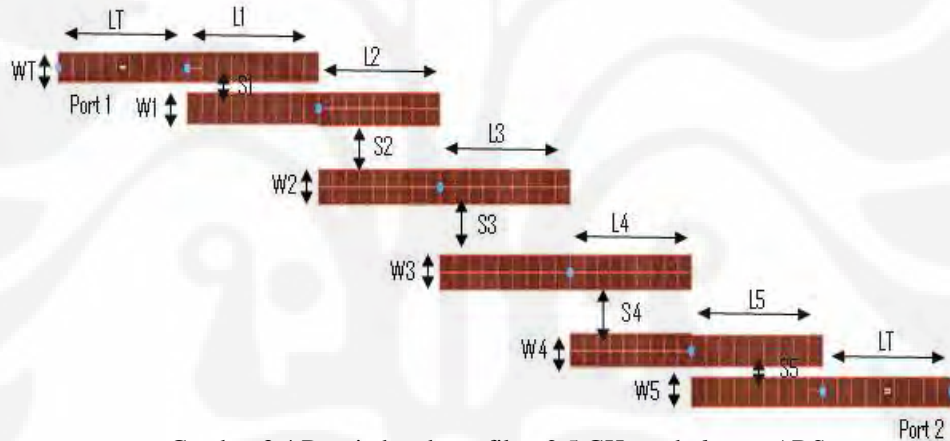
Gambar 3,3 Desain bandpass filter 2,3 GHz pada *layout* ADS.

Dengan metode yang sama, dilakukan juga perancangan untuk filter pada frekuensi 2,5 GHz. Untuk filter yang kedua ini diperoleh dimensi sebagai berikut :

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Dimensi Bandpass Filter 2,5 GHz

n	W	S	L
1	2,694 mm	0,971 mm	16.243 mm
2	2,940 mm	4,117 mm	16,056 mm
3	3,238 mm	3,948 mm	16,015 mm
4	2,940 mm	4,117 mm	16,056 mm
5	2,694 mm	0,971 mm	16.243 mm

Dengan menggunakan ukuran diatas diperoleh desain filter 2,5 GHz seperti yang terlihat pada Gambar 3,4.

Gambar 3,4 Desain bandpass filter 2,5 GHz pada *layout* ADS

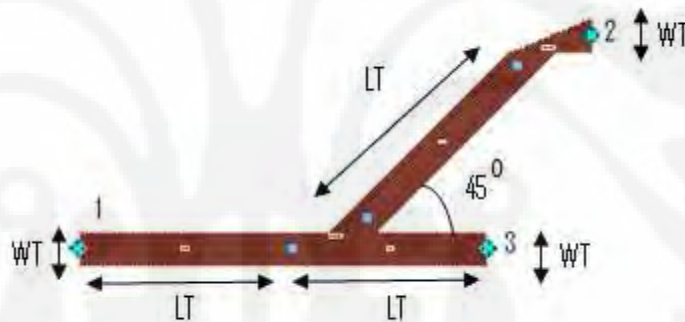
3.2 Penggabungan Bandpass Filter Menjadi Diplexer

Setelah diperoleh bandpass filter dengan masing-masing frekuensi 2,3 GHz dan 2,5 GHz, langkah selanjutnya adalah melakukan penggabungan untuk membentuk diplexer yang diinginkan [1].

Untuk meningkatkan kualitas transmisi dan karakteristik refleksi dari diplexer, maka pada perancangan diplexer yang dilakukan akan digunakan modifikasi dari *Y-junction* dimana salah satu cabang terhubung lurus, sedangkan cabang yang lain terhubung dengan membentuk 45° [1]. Dengan menggunakan *Y-junction* ini karakteristik refleksi dari filter menjadi lebih baik karena bentuk dari *Y-junction* ini memudahkan proses transmisi. Cabang yang lurus dan cabang yang membentuk

sudut 45° lebih mudah dilalui dibandingkan dengan sambungan berbentuk T yang mempunyai cabang-cabang yang membentuk sudut 90° dengan sumbu utamanya. Dengan keadaan sinyal yang dapat dilewatkan secara lebih mudah, maka kualitas transmisi akan menjadi lebih baik serta karakteristik refleksi akan menjadi lebih baik.

Sambungan dirancang dengan menggabungkan tiga mikrostrip *lines* membentuk huruf Y. Dimensi dari ketiga mikrostrip *lines* ini disamakan dengan dimensi *line* 50Ω yaitu $WT = 2,596 \text{ mm}$ dan $LT = 17,407 \text{ mm}$. Sedangkan untuk membentuk sudut percabangan 45° digunakan palet MSABND yang terdapat pada ADS dengan lebar WT . Demikian juga untuk meluruskan kembali sambungan pada bagian nomor 2 pada Gambar 3.5, digunakan juga palet MSABND yang terdapat pada ADS dengan lebar WT .



Gambar 3.5 Sambungan *Y-junction* yang akan digunakan

Pada penyambungan ini port 1 dari bandpass filter 2,3 GHz disambungkan pada cabang nomor 2 yang membentuk sudut 45° dan bentuknya dicerminkan dengan filter 2,5 GHz. Kemudian port 1 dari bandpass filter 2,5 GHz disambungkan pada cabang nomor 3 yang lurus. Sedangkan cabang 1 akan menjadi port bersama dari diplexer ini. Diplexer ini mempunyai satu port bersama dan satu port pada masing-masing ujung yang tidak terhubung bersama.

Port 1 pada masing-masing filter akan terhubung ke port bersama yaitu bagian nomor 1 pada Gambar 3.5 yang akan menjadi Port 1 pada diplexer. Sedangkan yang awalnya merupakan Port 2 pada masing-masing filter, setelah digabungkan, untuk bagian 2,3 GHz akan mempunyai keluaran pada Port 2 dan untuk bagian 2,5 GHz

(bagian yang dibatasi kotak) akan mempunyai keluaran pada Port 3 seperti yang terlihat pada Gambar 3.6. Ukuran masing-masing filter mengikuti dimensi yang telah diperoleh Tabel 3.2 dan Tabel 3.3. Setelah dilakukan penggabungan dilakukan penyesuaian untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Proses ini dilakukan menggunakan fitur *tuning* yang terdapat pada program ADS. Penyesuaian ini mengakibatkan dimensi dari rancangan akhir berbeda dengan dimensi hasil perhitungan, kecuali untuk dimensi sambungan Y-junction.

Tabel 3.4 Dimensi Bagian Bandpass Filter 2,3 GHz Setelah Dilakukan Penyesuaian

n	W	S	L
1	2,671 mm	0,911 mm	17,685 mm
2	2,937 mm	2,234 mm	15,720 mm
3	2,942 mm	1,133 mm	15,720 mm
4	2,937 mm	2,711 mm	15,720 mm
5	2,671 mm	0,911 mm	17,685 mm

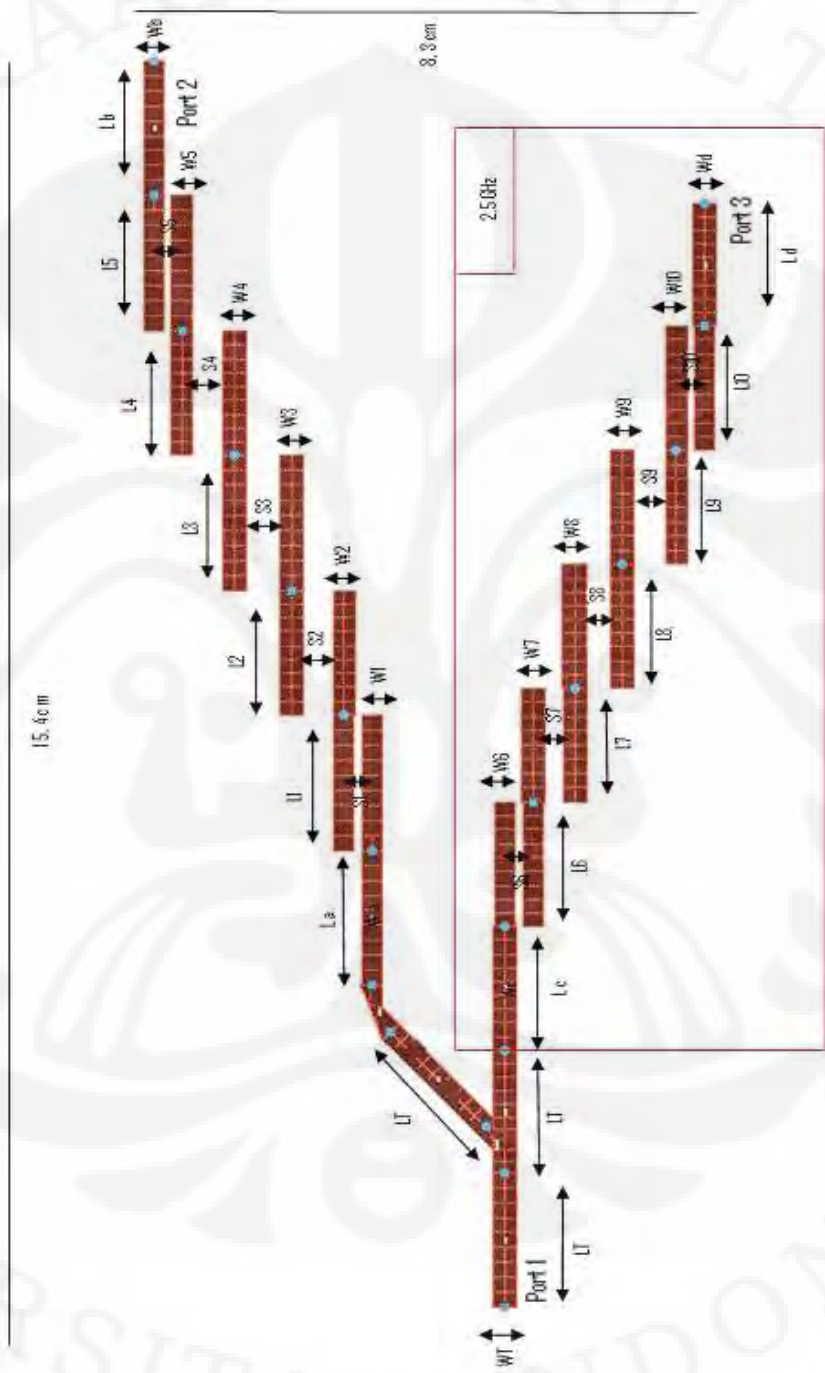
$L_a = 12,185$ mm, $W_a = 2,077$ mm, dan $L_b = 17,407$ mm $W_b = 2,596$ mm

Tabel 3.5 Dimensi Bagian Bandpass Filter 2,5 GHz Setelah Dilakukan Penyesuaian

n	W	S	L
6	2,694 mm	0,971 mm	16,243 mm
7	2,940 mm	2,882 mm	14,845 mm
8	3,238 mm	2,922 mm	16,015 mm
9	2,940 mm	3,294 mm	14,845 mm
10	2,694 mm	0,971 mm	16,243 mm

$L_c = 8,004$ mm, $W_c = 2,957$ mm, dan $L_d = 16,008$ mm $W_b = 2,957$ mm

Dimensi akhir dari rancangan diplexer dapat dilihat pada Tabel 3.4 untuk bagian filter 2,3 GHz dan Tabel 3.5 untuk bagian filter 2,5 GHz.



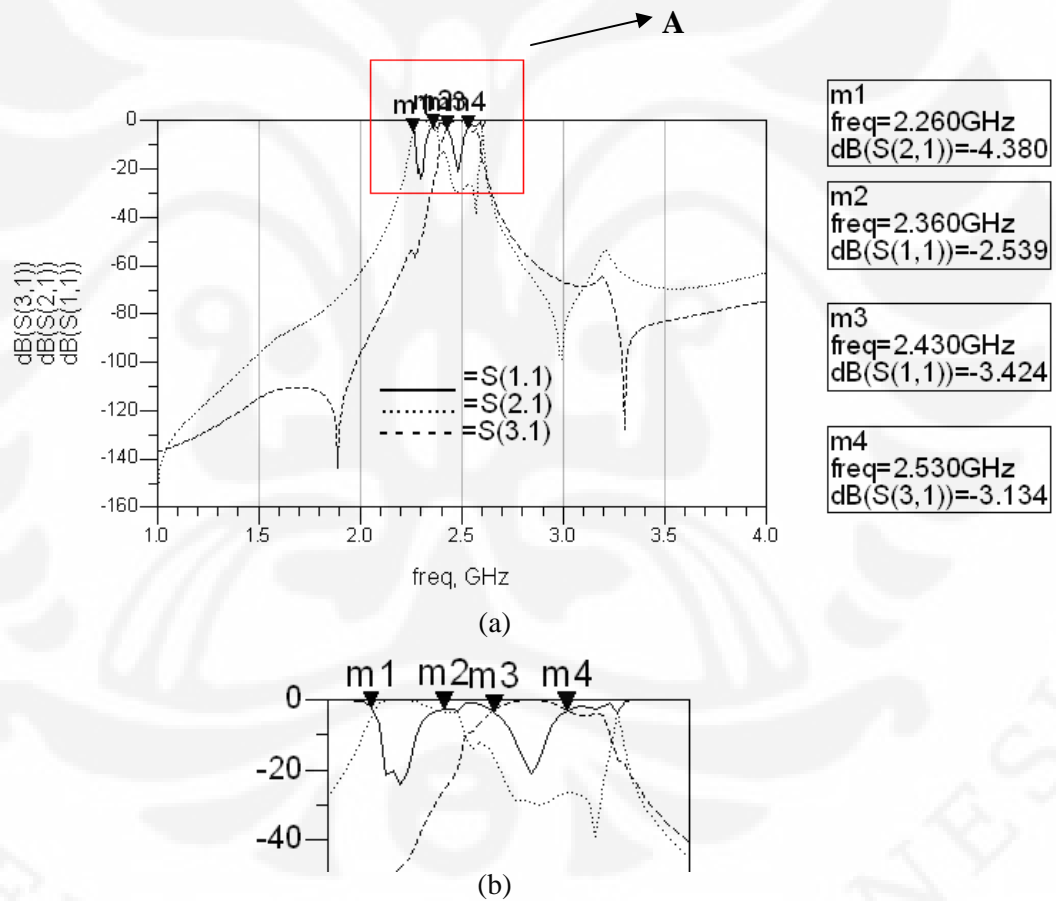
Gambar 3.6 Rancangan diplexer dengan menggunakan Y-Junction

BAB 4

HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Hasil Simulasi Desain Diplexer

Gambar 3.6 merupakan hasil perancangan diplexer yang dilakukan dengan menggunakan program ADS. Desain ini dirancang pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,5 GHz dengan lebar bandwidth masing-masingnya 100 MHz serta VSWR 1-2. Dari rancangan diatas diperoleh hasil simulasi S-parameter seperti pada Gambar 4.1.

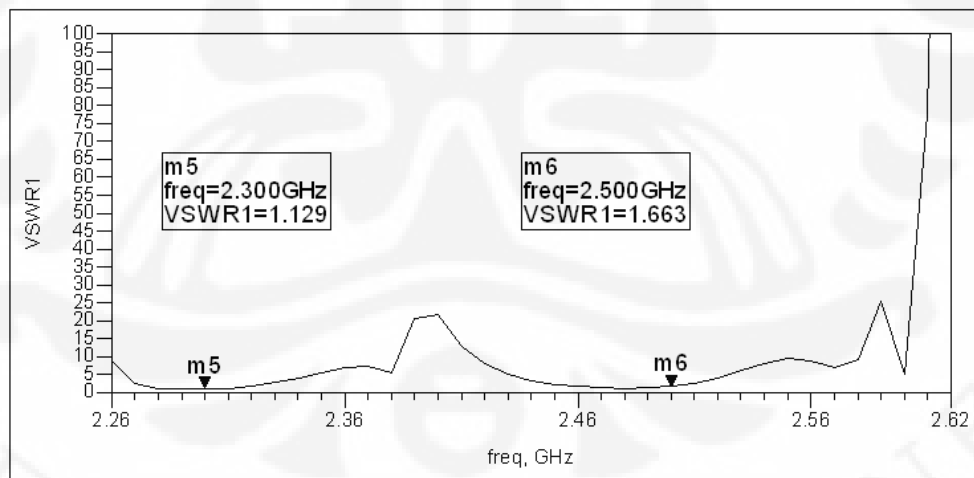


Gambar 4.1 (a) Hasil simulasi S-parameter diplexer (b) Bagian A yang diperbesar

Untuk bandwidth pada frekuensi 2,3 GHz ditunjukkan oleh perpotongan antara S(1,1) dengan S(2,1) yaitu antara penunjuk m1 dan m2. Disini terlihat bahwa lebar bandwidth yang didapat sesuai yang diharapkan yaitu 100 MHz antara 2,260 GHz sampai dengan 2,360 GHz. Sementara itu pada frekuensi 2,5 GHz sudah diperoleh bandwidth yang diinginkan yaitu 100 MHz. Ini dapat dilihat pada perpotongan S(1,1) dengan S(3,1) yang ditandai m2 pada frekuensi 2,430 GHz dan m3 pada frekuensi 2,530 GHz.

4.2 VSWR

Rancangan yang baik, terutama rancangan suatu rangkaian yang bekerja pada frekuensi tinggi, harus memperhatikan suatu parameter yang dinamakan VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) yang berhubungan dengan kualitas dari sinyal yang diperoleh oleh beban. Secara teori, seharusnya nilai dari VSWR yang dihasilkan bernilai ideal antara 1 – 2. 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 [5].



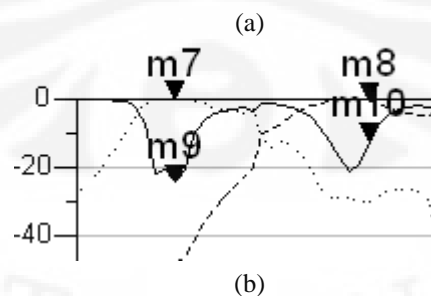
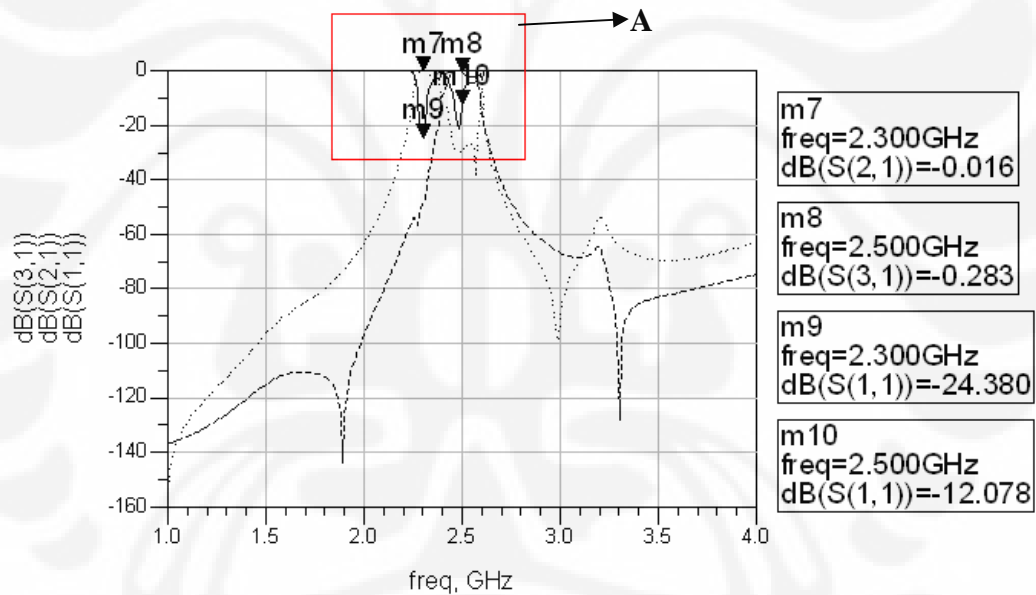
Gambar 4.2 Hasil Simulasi VSWR

Pada Gambar 4.2 terlihat VSWR hasil simulasi bahwa pada frekuensi 2,3 GHz VSWR yang diperoleh sesuai batas ideal yaitu 1,129. Sedangkan pada frekuensi

2,5 GHz sudah diperoleh nilai VSWR dalam rentang 1-2 yaitu 1,663. Maka jika dilihat dari nilai VSWR ini dapat dikatakan rancangan yang ada sudah baik.

4.3 Hasil Return Loss dan Insertion Loss

Nilai *return loss* tergantung pada nilai VSWR. Dari hasil VSWR didapatkan hasil yang bagus yaitu VSWR bernilai 1,297 pada 2,3 GHz dan 1,672 pada 2,5 GHz dapat diperkirakan dan dihitung nilai *return loss* dari rangkaian. Pada Gambar 4.4, selain menunjukkan besarnya *bandwidth* yang didapatkan, gambar tersebut juga menunjukkan nilai dari *return loss* dan *insertion loss* dari rangkaian yang dirancang.



Gambar 4.3 (a) *Return loss* dan *insertion loss* (b) Bagian A yang diperbesar

Nilai dari *return loss* dan *insertion loss* yang terjadi pada rangkaian diharapkan 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 4.4 di atas. Nilai *return loss* dapat dilihat pada kurva S(1,1). Sedangkan nilai dari *insertion loss* dapat dilihat pada kurva S(2,1) untuk frekuensi 2,3 GHz dan S(3,1) untuk frekuensi 2,5 GHz.

Pada frekuensi 2,3 GHz nilai *return loss* (marker m9) bernilai -24,38 dan *insertion loss* (marker m7) bernilai -0,016. Sedangkan pada 2,5 GHz nilai *return loss* (marker m10) bernilai -12,078 dan *insertion loss* (marker m8) bernilai -0,283.

4.4 Daya Input dan Daya Output

Kualitas suatu filter dapat dilihat dari kemampuan untuk mengantarkan daya pada sisi keluaran dengan rugi-rugi yang kecil. Salah satu parameter yang dipakai untuk menunjukkan kemampuan ini adalah VSWR yang telah dibahas diatas. Demikian juga dengan diplexer yang menggunakan gabungan dua bandpass filter ini. Disebutkan bahwa nilai VSWR yang diperoleh untuk masing-masing frekuensi berada antara 1 – 2, yaitu 1,129 untuk 2,3 GHz dan 1,663 pada frekuensi 2,5 GHz.

Namun untuk lebih jelasnya dilakukan pengukuran untuk daya masukan dan daya keluaran, sehingga dapat dilihat kebenaran kualitas yang telah ditunjukkan oleh VSWR diatas. Untuk mendapatkan berapa besar daya input dan daya output, terlebih dahulu diperlukan nilai tegangan input dan output serta arus input dan output dari rangkaian.

Untuk pertama kali dilakukan pengujian dengan memasukkan sinyal input dengan frekuensi 2,3 GHz.

Tabel 4.1 Nilai Arus Input dan Tegangan Input Saat Sinyal Masukan 2,3 GHz

Frekuensi	Arus Input	Tegangan Input
2,100 GHz	0,000	0,000
2,300 GHz	2,07 μ A	96,65 μ V
2,400 GHz	0,000	0,000

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran arus dan tegangan masukan pada diplexer. Dapat dilihat bahwa nilai masukan hanya terdapat pada frekuensi 2,3 GHz saja. Disini diperoleh nilai Arus masukan sebesar $2,07 \mu\text{A}$ dan nilai tegangan masukan $96,65 \mu\text{V}$. Sedangkan pada frekuensi yang lain tidak dilewatkan, terbukti dengan hasil pengukuran pada frekuensi selain 2,3 GHz diperoleh nilai 0.

Selanjutnya dilakukan pengukuran di port keluaran dari diplexer yang terletak diujung bagian bandpass filter 2,3 GHz. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Nilai Arus Output dan Tegangan Output pada 2,3 GHz

Frekuensi	Arus Output	Tegangan Output
2,100 GHz	0,000	0,000
2,300 GHz	$1,99 \mu\text{A}$	$99,8 \mu\text{V}$
2,400 GHz	0,000	0,000

Dilihat dari Tabel 4.2 ternyata diperoleh arus keluaran sebesar $1,99 \mu\text{A}$ dan tegangan keluaran sebesar $99,8 \mu\text{V}$. Jika dibandingkan dengan hasil pengukuran arus dan tegangan masukan pada Tabel 4.1 nilai hasil pengukuran keluaran tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran masukan tersebut. Hal ini sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Kemudian dilakukan pengujian dengan memasukkan sinyal input dengan frekuensi 2,5 GHz. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Arus Input dan Tegangan Input saat sinyal masukan 2,5 GHz

Frekuensi	Arus Input	Tegangan Input
2,300 GHz	0,000	0,000
2,500 GHz	$2,26 \mu\text{A}$	$92,05 \mu\text{V}$
2,700 GHz	0,000	0,000

Dari hasil pengukuran diperoleh arus masukan saat frekuensi 2,5 GHz senilai 2,26 μA dan tegangan masukan sebesar 92,05 μV . Sedangkan pada frekuensi yang lain tidak dilewatkan, terbukti dengan hasil pengukuran pada frekuensi selain 2,5 GHz diperoleh nilai 0.

Selanjutnya, seperti pada frekuensi 2,3 GHz, juga dilakukan pengukuran di port keluaran dari diplexer yang terletak diujung bagian bandpass filter 2,5 GHz. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Arus Output dan Tegangan Output pada 2,5 GHz

Frekuensi	Arus Output	Tegangan Output
2,100 GHz	0,000	0,000
2,300 GHz	1,93 μA	96,8 μV
2,400 GHz	0,000	0,000

Dilihat dari Tabel 4.4 ternyata diperoleh arus keluaran sebesar 1,93 μA dan tegangan keluaran sebesar 96,8 μV . Jika dibandingkan dengan hasil pengukuran arus dan tegangan masukan pada Tabel 4.3 nilai hasil pengukuran keluaran tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran masukan tersebut. Hal ini sesuai dengan hasil yang diharapkan yaitu hasil masukan dan keluaran tidak berbeda jauh atau malah jika memungkinkan sama.

Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.4 merupakan nilai arus dan tegangan yang didapatkan dari hasil simulasi. Dapat dilihat bahwa 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.

. Berikut ini adalah Tabel yang menunjukkan nilai daya input dan daya output pada hasil simulasi.

Tabel 4.5 Daya Input dan Daya Output Hasil Simulasi

Sinyal Input Berfrekuensi 2,3 GHz		Sinyal Input Berfrekuensi 2,5 GHz	
Daya Masukan	Daya keluaran	Daya Masukan	Daya keluaran
2×10^{-10} W	$1,98 \times 10^{-10}$ W	$2,08 \times 10^{-10}$ W	$1,87 \times 10^{-10}$ W

Dari hasil simulasi daya pada Tabel 4.5 dapat dilihat 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. Dengan demikian dapat dikatakan perancangan yang dilakukan sudah cukup baik.

Secara keseluruhan hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.6 Rangkuman Hasil Simulasi

Parameter	Frekuensi kerja	
	2,3 GHz	2,5 GHz
Bandwidth	100 MHz	100 MHz
Return Loss	-24,38 dB	-12,078 dB
Insertion Loss	-0,016 dB	-0,283 dB
VSWR	1,129	1,663
Daya Masukan	2×10^{-10} W	$2,08 \times 10^{-10}$ W
Daya Keluaran	$1,98 \times 10^{-10}$ W	$1,87 \times 10^{-10}$ W

BAB 5 KESIMPULAN

1. Diplexer yang dirancang sudah dapat menyaring dua frekuensi yaitu frekuensi 2,3 GHz dan 2,5 GHz dengan masing-masing bandwidth 100 MHz
2. VSWR hasil simulasi yang diperoleh menunjukkan bahwa dapat dikatakan rancangan yang ada sudah baik, yaitu pada frekuensi 2,3 GHz VSWR senilai 1,129 dan pada frekuensi 2,5 GHz diperoleh nilai 1,633.
3. 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. Nilai *return loss* pada frekuensi 2,3 GHz bernilai -24,38 dB dan *insertion loss* bernilai -0,016 dB. Sedangkan pada 2,5 GHz *return loss* bernilai -12,078 dB dan *insertion loss* bernilai -0,283 dB.
4. Dari hasil simulasi daya, nilai antara daya input dengan daya output tidak jauh berbeda. Pada frekuensi 2,3 GHz dari simulasi diperoleh daya masukan sebesar 2×10^{-10} W dan daya keluaran sebesar $1,98 \times 10^{-10}$ W. Demikian juga pada frekuensi 2,5 GHz dari hasil simulasi diperoleh daya masukan sebesar $2,08 \times 10^{-10}$ W dan daya keluaran sebesar $1,87 \times 10^{-10}$ W.

DAFTAR ACUAN

- [1] Zayniyev, D., Budimir, D., Zouganelis, G. “*Microstrip filters and diplexers for WiMAX applications*,” Antennas and Propagation International Symposium, 2007 IEEE, pp. 1078-1085, June 2007
- [2] Budimir, D. dan Athukorala, L. “*Miniaturised Microstrip Diplexers for WiMAX Applications*” Wireless Communications Research Group, University of Westminster, 115 New Cavendish Street, London W1W 6UW, United Kingdom.
- [3] Capstick, M. H. “*Microstrip lowpass-bandpass diplexertopology*,” Electron. Lett., vol 35, no. 22, pp 1958-1960, Oct 1999
- [4] G. L. Matthaei dan E. G. Cristal, “*Multiplexer channel-separating units using interdigital and parallelcoupled filters*”. *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-13, pp.328-334, May 1965.
- [5] Khotimah Khomsianti, (2009). “*Perancangan bandpass filter untuk mobile WiMax pada frekuensi 2,3 GHz*”z. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- [6] Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi Nomor: 95/DIRJEN/2008
- [7] Team YYePG. “*Practical Analog and Digital Filter Design*”. Artech house, Inc. 2004
- [8] Bowick, Chris. “*RF Circuit Design*”. Nomnes.2006
- [9] <http://en.wikipedia.org/wiki/Diplexer>, 23 Desember 2009
- [10] J.S Hong dan M. J. Lancaster, “*Microstrip Filters for RF/Microwave Applications*”. John Wiley & Sons, Inc. 2001.
- [11] Anurag Bhargava dan Staf of TCE. “*Advanced Design System Circuit Design Cookbook 1.0*” Agilent Technologies. Preliminary version.
- [12] Pozar, David M. “*Microwave and RF Design of Wireless System*”. John Wiley & Sons. 2000.

Lampiran : 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	0.9960	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	1.1007				
8	0.8072	1.4130	1.7824	1.6833	1.8529	1.6193	0.7969	1.0000			
9	0.8144	1.4270	1.8043	1.7125	1.9057	1.7125	1.5554	0.7333	1.1007		
10	0.8196	1.4369	1.8192	1.7311	1.9362	1.7590	1.8043	1.4270	0.8144	1.0000	
							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				
8	1.1897	1.4346	2.1199	1.6010	2.1699	1.5640	1.1811	1.0000			
9	1.1956	1.4425	2.1345	1.6167	2.2053	1.6167	1.9444	0.8778	1.3554		
10	1.1999	1.4481	2.1444	1.6265	2.2253	1.6418	2.1345	1.4425	1.1956	1.0000	
							2.2046	1.5821	1.9628	0.8853	1.3554

(Lanjutan)

0.2 dB Ripple									
1	0.4342	1.0000							
2	1.0378	0.6745	1.5386						
3	1.2275	1.1525	1.2275	1.0000					
4	1.3028	1.2844	1.9761	0.8468					
5	1.3394	1.3370	2.1660	1.3370	1.0000				
6	1.3598	1.3632	2.2394	1.4555	0.8838	1.5386			
7	1.3722	1.3781	2.2756	1.5001	1.3781	1.3722	1.0000		
8	1.3804	1.3875	2.2963	1.5217	1.4925	2.1349	0.8972	1.5386	
9	1.3860	1.3938	2.3093	1.5340	2.3728	2.3093	1.3938	1.3860	1.0000
10	1.3901	1.3983	2.3181	1.5417	2.3904	2.3720	1.5066	2.1514	0.9034
									1.5386
0.5 dB Ripple									
1	0.6986	1.0000							
2	1.4029	0.7071	1.9841						
3	1.5963	1.0967	1.5963	1.0000					
4	1.6703	1.1926	2.3661	0.8419	1.9841				
5	1.7058	1.2296	2.5408	1.2296	1.7058	1.0000			
6	1.7254	1.2479	2.6064	1.3137	2.4758	0.8696	1.9841		
7	1.7372	1.2583	2.6381	1.3444	2.6381	1.2583	1.7372	1.0000	
8	1.7451	1.2647	2.6564	1.3590	2.6964	1.3389	2.5093	0.8796	1.9841
9	1.7504	1.2690	2.6678	1.3673	2.7239	1.3673	2.6678	1.2690	1.7504
10	1.7543	1.2721	2.6754	1.3725	2.7392	1.3806	2.7231	1.3485	2.5239
									0.8842
									1.9841