

## PERANCANGAN, SIMULASI DAN REALISASI BPF MIKROSTRIP HAIRPIN UNTUK APLIKASI WIMAX PADA FREKUENSI 2,3 - 2,4 GHZ

Charles E.d.a.s.<sup>1</sup>, Budi Prasetya<sup>2</sup>, Yuyu Wahyu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

### Abstrak

Wimax merupakan standar teknologi dari WMAN (Wide Metropolitan Area Network) yang dapat menjangkau area hingga lebih dari 50 km, namun memiliki bandwidth yang sempit. Teknologi ini menjadi solusi permasalahan untuk keterbatasan spektrum frekuensi. DITJEN POSTEL mengatur daerah frekuensi Wimax di Indonesia, yaitu pada 2,3 - 2,4 GHz. Daerah frekuensi ini, memungkinkan terjadinya interferensi dengan frekuensi yang berdekatan yaitu teknologi WiFi, pada frekuensi 2,4 GHz. Tugas Akhir ini membahas mengenai perancangan dan realisasi perangkat filter pada layanan Wimax untuk menghindari interferensi dengan layanan WiFi.

Filter merupakan perangkat pada sistem komunikasi yang dapat melewati daerah frekuensi tertentu dan meredam daerah frekuensi yang tidak diinginkan. Pada Tugas Akhir ini, topologi yang digunakan dalam perancangan filter adalah topologi hairpin tapped input. Penggunaan topologi ini diharapkan mampu menggantikan metoda perancangan sederhana menggunakan Chebyshev dan Butterworth yang dalam kasus ini, memerlukan orde filter yang sangat tinggi. Selain itu, pada frekuensi tinggi, elemen lumped tidak dapat digunakan dan digantikan dengan saluran mikrostrip. Pada topologi ini resonator yang digunakan adalah hairpin resonator (resonator yang berbentuk "U") dan jumlahnya (orde) sebanyak 5. Topologi ini, akan menghasilkan respon yang landai pada salah satu sisi dan tajam pada sisi yang lain.

Setelah melakukan perancangan dan realisasi, diperoleh hasil yang kurang baik pada daerah frekuensi. Frekuensi tengah sesuai dengan spesifikasi awal sebesar 2,35 GHz dan bandwidth bergeser sebesar 10 MHz menjadi 2,305 - 2,395. GHz. Namun demikian, realisasi filter menghasilkan nilai insertion loss yang besar dari spesifikasi awal pada passband yaitu 4,107 dB, nilai VSWR pada frekuensi tengah sebesar 1,416 pada input dan 1,356 pada output. Sedangkan nilai spesifikasi yang lainnya hampir sesuai dengan spesifikasi awal.

**Kata Kunci :** Filter Hairpin, Resonator Hairpin, Mikrostrip

### Abstract

Wimax is WMAN (Wide Metropolitan Area Network) technology standardization that can reach out of 50 km areas with narrow bandwidth. For the limitation of frequency spectrum in Indonesia, this technology can be the best solution. DITJEN POSTEL has arranged Wimax bandwidth in Indonesia at 2.3 - 2.4 GHz intervals. So, interference with Wifi, at 2.4 GHz is possible occurs. This final project designs and realizes Wimax technology filter to avoid interference with Wifi technology.

Filters are communication system equipment that can pass through and muffle certain band frequency. Filter planning process utilize trisection method. This method is substitute simple planning action using Chebyshev and Butterworth, because this filter needs higher order number. Besides that, at high level frequency, lumped element cannot be used and substituted with microstrip channel. In these topology, resonator shaped "U" was used to process the design and realization of hairpin filter and it was called resonator hairpin. This kind of resonator produces slope slightly response at one side and sharp response in the other side.

Average result is produced by filter at band frequency. Middle frequency and bandwidth shift from planning specification in the amount 10 MHz. The final bandwidth result is 2.305 - 2.395 GHz. Thus, filter realization produces low insertion loss at passband that is 4.107 dB, and the other specification are in mutual accord with planning specification.

**Keywords :** Hairpin Filter, Hairpin Resonator, Mikrostrip.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) merupakan teknologi berbasis BWA (*Broadband Wireless Access*), yang menerapkan standar IEEE 802.16. Pengembangan WiMAX mengarah pada WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*). WiMAX memiliki karakteristik yang mirip dengan teknologi WiFi, namun memiliki kecepatan yang lebih tinggi (mencapai 70 mbps) dan jangkauan yang lebih luas (50 km radius dari *base station*). Pengembangan WiMAX diharapkan dapat mengatasi masalah akses internet di daerah-daerah yang tidak terjangkau oleh kabel telepon.

Pengembangan WiMAX tahap awal yaitu pada daerah frekuensi 2,5 – 2,6 GHz, 2,7 – 2,9 GHz, dan 3,4 - 3,5 GHz. Namun, seiring dengan perkembangannya, *bandwidth* WiMAX di atas berbenturan dengan layanan atau aplikasi lain, seperti sistem komunikasi satelit pada *C-band*, teknologi Wifi, dan sebagainya. Oleh karena itu, WiMAX akan dikembangkan pada daerah frekuensi 2,3 – 2,4 GHz. Namun, diperlukan perangkat sistem komunikasi yang baik, agar tidak terjadi interferensi dengan layanan WiFi. Blok diagram sistem komunikasi secara umum ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.

Pada tugas akhir sebelumnya telah dirancang dan direalisasikan BPF Chebyshev berbasis mikrostrip Hairpin dengan menggunakan resonator *trisection* pada frekuensi 2,3 – 2,39 GHz yang diaplikasikan pada WiMax. Dari hasil tugas akhir tersebut, ternyata frekuensi kerja yang diinginkan mengalami pergeseran menjadi 2,392 – 2,472 dengan  $BW_{.3dB}$  sebesar 80 MHz. Hal ini dikarenakan terjadinya pelebaran saluran resonator sehingga menyebabkan perubahan panjang resonator *trisection* yang akan dibuat. Berdasarkan hasil tersebut, akan dirancang dan direalisasikan sebuah mikrostrip filter dengan daerah frekuensi 2,3-2,4 GHz menggunakan metode Hairpin yang berbentuk “U”. Diharapkan dengan metode ini dapat menghasilkan filter yang dapat bekerja pada daerah frekuensi kerja 2,3 – 2,4 GHz dengan  $BW_{.3 dB}$  sebesar 100 MHz.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, maka dapat dijabarkan rumusan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana proses perancangan dan perealisasi filter secara bertahap dan terstruktur sampai pada pengukuran parameter-parameternya ?
2. Bagaimana cara mendesain filter dengan menggunakan software *Ansoft HFSS v.10* ?
3. Apakah hasil simulasi dari software dan hasil pengukuran sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan ?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan masalah agar pembahasan menjadi jelas, diantaranya :

- a. Tidak membahas WiMax, WiMax dalam tugas akhir ini hanya sebatas pengaplikasian saja dalam hal ini memiliki arti penggunaan frekuensi kerja saja.
- b. Pengukuran tidak diterapkan pada sistem WiMax.

## 1.4 Tujuan

Maksud dan tujuan dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Mampu merancang dan membuat BPF Hairpin pada rentang frekuensi 2,3 – 2,4 GHz.
2. Mampu melakukan pengujian dan pengukuran parameter BPF Hairpin seperti *Insertion Loss*, *Return Loss*, *VSWR*, *Respon Phasa*, *Bandwidth*, dan *impedansi terminal*.
3. Mampu menganalisis hasil pengukuran dan pengujian dari BPF Hairpin yang telah dibuat.

## 1.5 Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah:

### a. Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan pendalaman materi-materi yang terkait melalui literatur dan referensi yang tersedia di berbagai sumber. Hal ini bertujuan untuk mempelajari dasar teori dan literatur-literatur

mengenai filter, sistem komunikasi yang menggunakan filter dan berbagai referensi tentang filter.

**b. Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi dan data yang berhubungan dengan perancangan filter ini.

**c. Studi Analisa dan Pengembangan.**

Pada tahap ini dilakukan proses perencanaan yang meliputi desain dan spesifikasi lengkap, pemilihan perangkat serta konfigurasi akhir.

**d. Perancangan dan uji coba.**

Tahap ini bertujuan untuk mengimplementasikan perancangan dan desain yang telah dibuat, kemudian melakukan pengujian terhadap filter yang telah dibuat dengan melakukan pengukuran berdasarkan parameter yang dianalisis untuk mendapatkan gambaran kuantitatif terhadap performansi filter yang telah dirancang.

**e. Analisa Performansi**

Tahap ini bertujuan untuk melakukan uji performansi filter dan menganalisis hasil uji coba yang telah dilakukan serta menyesuaikan dengan spesifikasi perancangan yang telah ditentukan.

**f. Pelaporan**

Tahap akhir dari penelitian ini adalah pembuatan laporan Tugas Akhir dan Sidang Tugas Akhir.

**1.6 Sistematika Penulisan**

Secara umum keseluruhan Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima bab bahasan. Penjelasannya adalah sebagai berikut:

**BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, rencana kerja, dan sistematika penulisan.

**BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini membahas teori mengenai filter, resonator, inverter, saluran mikrostrip, dan teori dasar metode *Hairpin*.

### **BAB III PERANCANGAN DAN SIMULASI**

Bab ini membahas proses perancangan, hasil simulasi dan hasil optimasi menggunakan *Ansoft HFSS v.10* serta realisasi filter *Hairpin*.

### **BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISIS**

Bab ini berisi hasil dari pengukuran parameter-parameter dari filter yang telah dibuat serta analisis dari setiap nilai parameter yang dihasilkan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil Tugas Akhir dan saran untuk pengembangan-pengembangan lebih lanjut.



*Tabel 4.3 Perbandingan Spesifikasi Awal dan Hasil Pengukuran Realisasi  
Filter BPF Hairpin*

Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Pengukuran Realisasi	Kesimpulan
Frekuensi Tengah (GHz)	2.35	2.35	Sudah sesuai dengan spesifikasi awal
Bandwidth (MHz)	100 (pada 3dB)	90 (< 100)	Menyempit sebesar 10 MHz
	440 (pada 50dB)	372 (< 440)	Menyempit sebesar 68 MHz
Insertion Loss (dB)	$\leq 4$	4.107	Lebih besar 0.107 dari spesifikasi awal
Ripple pada passband (dB)	0.5	0.797	Lebih besar 0.297
VSWR	$\leq 1,5$	In : 1.416 Out : 1.356	Lebih Kecil 0.085(in)&0.144(out)
Impedansi Terminal ( $\Omega$ )	50	- input : 36.422 - j6.232 -output : 37.214 - j3.983	Berbeda jauh dari perancangan awal baik untuk input maupun output
Return Loss (dB)	$\geq 14$	In : 15.268 Out: 16.397	Lebih besar 1.268(in)&2.397(out)

Melalui tabel diatas dapat dikatakan bahwa filter hasil realisasi sudah memiliki tingkat kehandalan yang tinggi dan sudah dapat digunakan untuk aplikasi wimax jika dilihat dari sisi frekuensi kerja 2.305-2.395 dengan frekuensi tengah 2.35. Akan tetapi, dari parameter impedansi terminal, VSWR dan return loss, filter ini masih belum dapat digunakan dalam aplikasi wimax karena belum matching konektor input/output filter dengan port yang akan dihubungkan ( dalam hal ini dengan nilai impedansi sebesar 50 $\Omega$ ).

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan proses perancangan, pembuatan dan pengukuran BPF *Hairpin* yang digunakan pada aplikasi Wimax , dapat disimpulkan dalam beberapa hal berikut ini :

A. Dari hasil pengukuran realisasi BPF-*hairpin* dan spesifikasi awal didapat beberapa parameter yang masih kurang baik atau tidak memenuhi spesifikasi awal yang telah ditetapkan, berikut ini adalah hasil pengukuran dari realisasi:

- a) Frekuensi tengah sudah sesuai dengan frekuensi yang diinginkan 2.35 GHz.
- b) *insertion loss* = 4.107. Nilai ini belum memenuhi spesifikasi awal yang telah ditetapkan sebesar ( $\leq 4$ ).
- c) *bandwidth* 3dB = 90 MHz mengalami penyempitan sebesar 10 MHz dari 100 MHz.
- d) *bandwidth* 60 dB = 372 MHz mengalami penyempitan sebesar 68 MHz, sehingga frekuensi kerja yang diinginkan bergeser menjadi 2.305 – 2.395 GHz.
- e) VSWR = 1.416 pada input dan untuk pada output 1.356 sudah sesuai dengan spesifikasi awal ( $\leq 1.5$  )
- f) *return loss* pada input 15.268 dB dan 16.397 dB untuk output dimana bergantung nilai koefisien pantul yang diharapkan minimum dengan *return loss* minimum 14 dB,
- g) impedansi terminal input =  $36.422 - j6.232 \Omega$  dan output :  $37.214 - j3.983 \Omega$  dan jika keduanya matching bernilai  $50 \Omega$ , dan nilai impedansi ini bersifat induktif.
- h) respon *phase* yang dihasilkan linier (*group delay* konstan) dapat dikatakan distorsi yang terjadi sangat kecil.

B. Dari hasil simulasi dengan hasil pengukuran realisasi ternyata berbeda hasilnya. Hal ini dikarenakan dalam simulasi, kondisi yang dipakai adalah kondisi idealnya saat pengukuran akan dilakukan, sedangkan pada pengukuran realisasinya banyak kondisi yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran tersebut.

## 5.2 Saran

Untuk pengembangan dalam merancang dan merealisasikan filter selanjutnya ada baiknya mempertimbangkan beberapa saran di bawah ini agar didapat hasil yang maksimal :

- a) Pemilihan bahan substrat yang akan digunakan hendaknya memiliki nilai tangent loss yang kecil. Jika semakin kecil nilai tangent loss maka hasil yang akan diperoleh lebih bagus.
- b) Dalam hal proses pengelasan konektor ke mikrostrip dibagian input ataupun output perlu diperhatikan kerapian dari hasil pengelasannya, karena hal itu dapat meningkatkan rugi-rugi pada saat pengukuran.
- c) Realisasi dari filter gelombang mikro dengan frekuensi tinggi, diperlukan ketelitian yang tinggi dari tahap perancangan sampai ke tahap realisasinya.
- d) Perlu dicoba perancangan filter dengan membandingkan dua metode atau lebih yang berbeda, tetapi memiliki spesifikasi yang sama dan bahan yang sama agar didapat hasil yang lebih baik, seperti *interdigital*, *edge-coupled*, *stub*, dan lain-lain.