

# PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP *TRIANGULAR* UNTUK APLIKASI *WiMAX* PADA FREKUENSI 2.300 MHz dan 3.300 MHz

## *THE DESIGN OF TRIANGULAR MICROSTRIP ANTENNA FOR WIMAX APPLICATION AT 2.300 MHz AND 3.300 MHz FREQUENCY*

*Syah Alam*

<sup>1</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta  
syah.alam@uta45jakarta.ac.id

### Abstrak

Dalam *paper* ini dibahas tentang antena mikrostrip dengan dua frekuensi kerja untuk kebutuhan komunikasi *Wimax*. Dalam penelitian ini, *patch* yang digunakan adalah bentuk *triangular*, yang akan diberikan beberapa *slit* untuk membangkitkan frekuensi ganda dengan menggunakan pencatutan langsung. Antena mikrostrip ini didesain untuk bekerja pada frekuensi 2.300 dan 3.300 MHz sesuai dengan frekuensi untuk aplikasi *Wimax*. Antena yang dirancang terdiri atas dua *patch*, yang dilakukan proses optimasi dengan teknik *array*. Bahan yang digunakan untuk merealisasikan antena ini adalah substrat FR4 (*epoxy*), yang memiliki konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4,9873 dengan tebal dimensi (*h*) sebesar 1,53 mm. Antena mikrostrip *Wimax* segitiga dua frekuensi telah berhasil dilakukan dengan simulasi dan realisasi.

**Kata Kunci:** *WiMAX*, mikrostrip, antena, *return loss*, VSWR

### Abstract

*Patch used in this study is a triangular shape in which double slits will be applied to generate frequencies by using direct rationing. Microstrip antenna is designed to work at the frequencies of 2300 and 3300 MHz in accordance with the frequencies for Wimax applications. The antenna designed consists of two patches in which the process of optimization is performed using array techniques. The materials used for the realization of this antenna is a substrate FR4 (epoxy) that has a dielectric constant ( $\epsilon_r$ ) = 4,9873 with a thickness dimension (*h*) of 1.53 mm. Triangular microstrip antenna array Wimax dual frequencies have been successfully carried out through the simulation and realization.*

**Key words:** *WiMAX*, *Triangular*, *Microstrip*, *Antena*, *Return Loss*, *VSWR*

**Tanggal Terima Naskah** : 16 Maret 2015  
**Tanggal Persetujuan Naskah** : 08 Juni 2015

## 1. PENDAHULUAN

Di era informasi saat ini, manusia memerlukan komunikasi untuk saling bertukar informasi dimana saja, kapan saja, dan dengan siapa saja. Salah satu sistem komunikasi yang merupakan andalan bagi terselenggaranya intregasi sistem telekomunikasi secara

global adalah sistem komunikasi nirkabel (tanpa kabel) dimana antena berfungsi sebagai perangkat untuk komunikasi tanpa kabel. Saat ini perkembangan komunikasi tidak hanya terbatas pada suara saja, akan tetapi juga dilakukan suatu komunikasi dalam bentuk data multimedia dengan menggunakan perangkat tanpa kabel. Salah satu teknologi yang mendukung mobilitas dan kehandalan komunikasi berupa data ini, yaitu *WiMaX* (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*).

*WiMaX* adalah teknologi tanpa kabel yang memiliki kecepatan akses tinggi dengan jangkauan yang luas. Peraturan dan ketentuan *WiMaX* diatur dalam standar IEEE 802.16. Alokasi frekuensi *WiMaX* yang sudah diterapkan di beberapa negara adalah pada frekuensi 2,3 GHz, 2,5 GHz, 3,3 GHz, 3,5 GHz, dan 5,8 GHz. Berdasarkan keputusan Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi Indonesia, alokasi frekuensi *WiMaX* lokal yang digunakan di Indonesia adalah pada frekuensi 2,3 GHz dan 3,3 GHz.

Sistem komunikasi tanpa kabel membutuhkan suatu alat yang berguna sebagai pemancar dan penerima (*transmitter* dan *receiver*). Untuk menunjang kebutuhan tersebut diperlukan suatu antena yang dapat mendukung komunikasi tanpa kabel. Salah satu jenis antena yang saat ini banyak digunakan untuk komunikasi tanpa kabel adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki keunggulan, diantaranya bentuk yang kecil, kompak, dan sederhana. Namun, jenis antena ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya *gain* yang rendah, keterarahan yang kurang baik, efisiensi rendah, rugi-rugi hambatan pada saluran pencatu, dan lebar pita yang sempit. Salah satu cara untuk mengatasi *gain* yang rendah adalah dengan menerapkan antena *array*. Antena *array* adalah susunan dari beberapa antena elemen tunggal. Dalam antena mikrostrip *patch*, yang disusun secara *array* adalah bagian *patch*.

Antena mikrostrip mempunyai berbagai macam bentuk, antara lain persegi panjang dan segitiga. Antena mikrostrip *patch* segitiga mempunyai keunggulan dibandingkan dengan bentuk *patch* lainnya, terutama persegi panjang, karena luas yang dibutuhkan oleh antena mikrostrip *patch* segitiga lebih kecil dibandingkan bentuk *patch* yang lain. Pada penelitian ini akan dirancang antena mikrostrip berbentuk segitiga yang digunakan untuk aplikasi *WiMaX*.

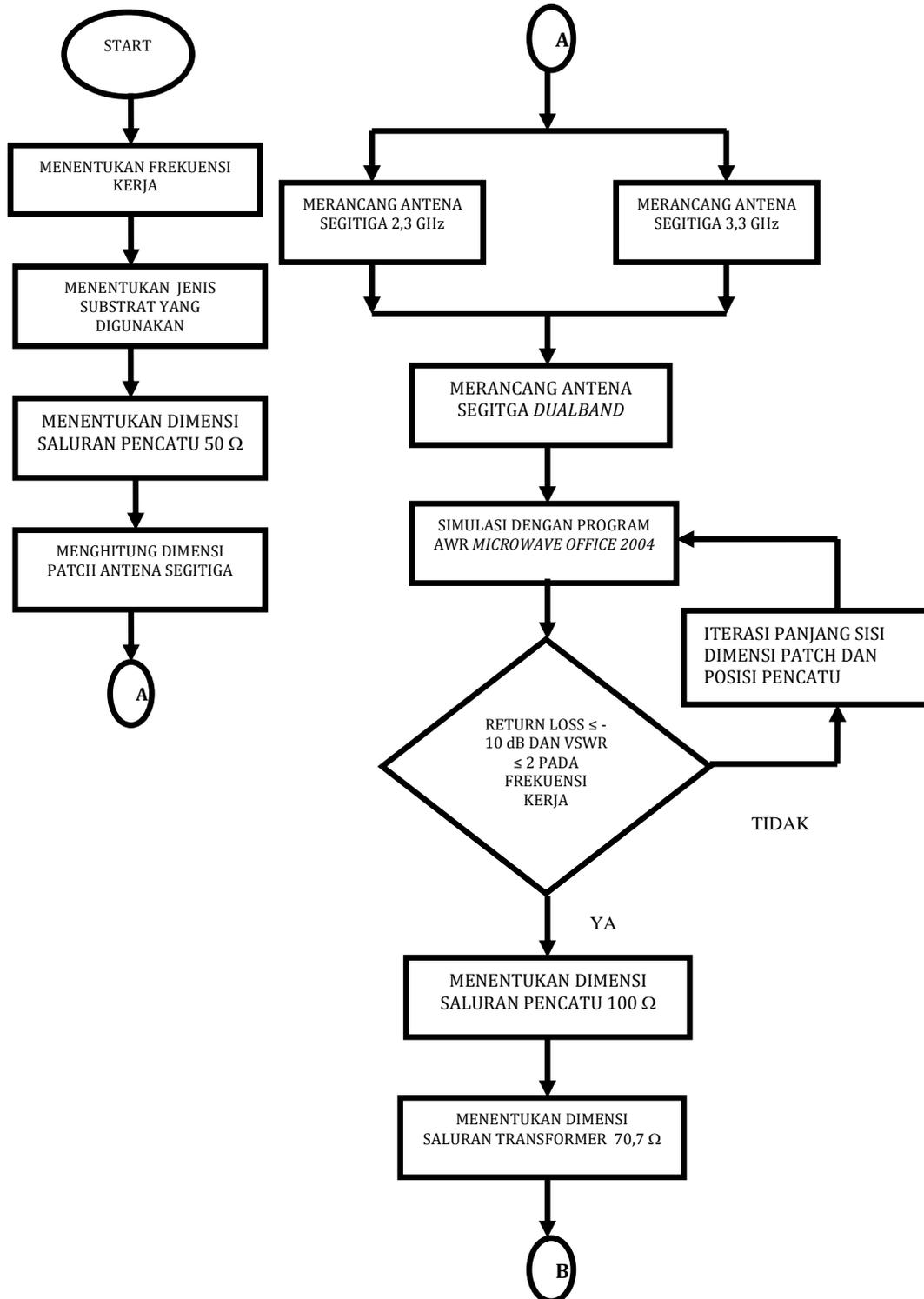
Pada penelitian sebelumnya [1] telah dibuktikan bahwa pemberian beban (*load*) pada *patch* peradiasi dapat memunculkan beberapa frekuensi kerja pada antena. Pada penelitian tersebut diperoleh antena mikrostrip yang dapat bekerja dengan baik pada tiga frekuensi kerja, yaitu 2.700, 3.200, dan 5.800 MHz, dengan cara memberikan beban *slit* berbentuk huruf U pada elemen peradiasi antena. Dari hasil penelitian sebelumnya diperoleh nilai *return loss* sebesar -18,5 dB pada frekuensi 2.700 MHz, 14,5 dB pada frekuensi 3.200 MHz, dan -19 dB pada frekuensi 5,8 GHz. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai *return loss* antena sangat baik pada tiga frekuensi kerja yang diharapkan.

## 2. DESAIN ANTENA

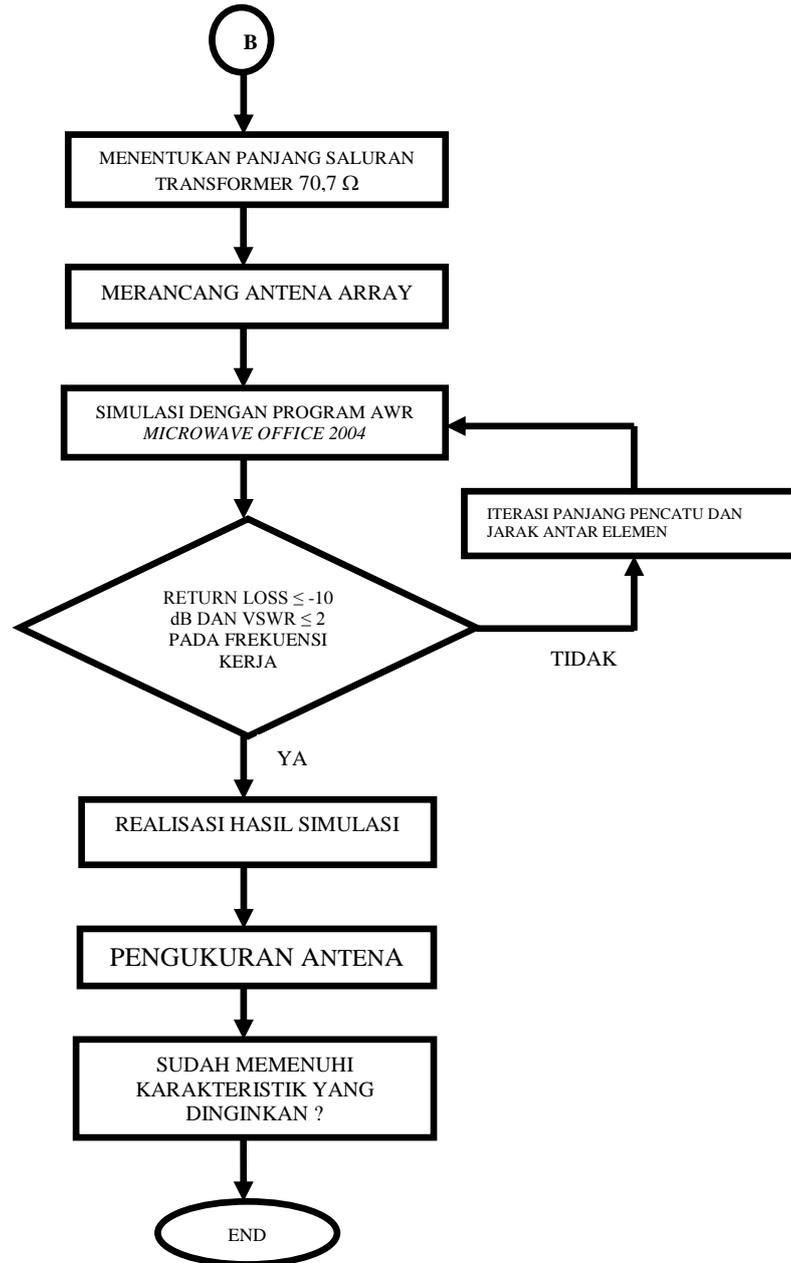
### 2.1 Diagram Alir Penelitian

Dari penelitian sebelumnya [1] telah dilakukan perancangan elemen tunggal dari antena mikrostrip *triple band* menggunakan teknik pencatuan *electromagnetic coupled* (EMC). Dari hasil penelitian tersebut didapatkan nilai *return loss* sebesar -18,5 dB, pada frekuensi 2.700 MHz didapatkan nilai *return loss* sebesar -14,5 dB, dan pada frekuensi 3.200 MHz didapatkan nilai *return loss* sebesar -19 dB. Pada Penelitian ini dilakukan perancangan dan realisasi antena mikrostrip *patch* segiempat *array* yang bekerja pada tiga frekuensi (*triple band*), yaitu pada frekuensi 2.300, 3.300, 5.800 MHz untuk aplikasi *WiMaX*.

Langkah awal yang dilakukan pada perancangan antenna ini adalah memilih frekuensi kerja yang diinginkan. Selanjutnya, penentuan substrat yang akan digunakan. Setelah kedua hal tersebut dilakukan, maka perancangan antenna baru dapat dilakukan, dimulai dari penentuan dimensi *patch* antenna, simulasi, kemudian realisasi. Setelah proses realisasi dilakukan, hal yang selanjutnya dilakukan adalah pengukuran terhadap antenna yang telah direalisasikan. Diagram alir dari proses perancangan antenna pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian (lanjutan)

Teknik *array* merupakan salah satu cara untuk memperbaiki *gain*. Pada penelitian ini dirancang antenna segiempat *patch array* dengan menggunakan teknik *array* dan pencatuan tidak langsung [2]. Tujuan perancangan antenna *array* dengan teknik pencatuan tidak langsung adalah mengurangi radiasi elemen pencatu (*spurious radiation*) dan juga proses *matching*-nya yang dapat dilakukan relatif sederhana [3].

Terdapat beberapa tahapan dalam perancangan antenna ini, diantaranya [4]:

1. Menentukan frekuensi kerja yang diinginkan
2. Menentukan karakteristik substrat dielektrik yang digunakan
3. Merancang dimensi antenna segiempat sesuai dengan frekuensi yang diinginkan
4. Merancang antenna dengan menggunakan teknik *array*
5. Menentukan lebar pencatu
6. Menentukan posisi pencatu
7. Mensimulasikan antenna dengan program MWO

8. Karakterisasi antena hingga didapatkan frekuensi yang diinginkan
9. Melakukan realisasi terhadap antena yang telah dirancang
10. Melakukan pengukuran antena hasil realisasi

## 2.2 Perancangan Antena

Setiap substrat memiliki spesifikasi yang berbeda-beda. Pada penelitian ini substrat yang akan digunakan adalah FR4 (*epoxy*). Jenis substrat ini digunakan karena memiliki ketebalan yang cukup kecil, bahan substrat yang mudah didapatkan, dan memiliki nilai ekonomis bila dibandingkan dengan substrat *Taconic* TLY-5, tetapi memiliki kelemahan, yaitu memiliki konstanta dielektrik yang cukup besar sehingga dapat berpengaruh pada penurunan kinerja antena. Substrat FR4 (*epoxy*) memiliki spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Spesifikasi substrat yang digunakan

Jenis Substrat	FR4 ( <i>epoxy</i> )
Konstanta Dielektrik Relatif ( $\epsilon_r$ )	4.9873
Konstanta Permeabilitas Relatif ( $\mu_r$ )	1
<i>Dielectric Loss Tangent</i> ( $\tan \delta$ )	0,09
Ketebalan Substrat (h)	1,53 mm
Konduktifitas Bahan	$5,8 \times 10^7$ S/m

### 2.2.1 Perancangan Impedansi dan Dimensi Pencatu

Saluran pencatu yang digunakan pada antena ini adalah mikrostrip *line*. Terdapat tiga buah impedansi saluran pencatu yang digunakan pada perancangan antena mikrostrip ini, yaitu:

1. Saluran pencatu mikrostrip  $100 \Omega$ , yang langsung dihubungkan dengan *patch* antena.
2. Saluran pencatu mikrostrip  $70,7 \Omega$ , yang digunakan sebagai transformator  $\lambda/4$  antara saluran  $100 \Omega$  dan  $50 \Omega$ .
3. Saluran pencatu mikrostrip  $50 \Omega$ .

Dari diagram penelitian penentuan saluran pencatu  $100 \Omega$  dan dimensi saluran pencatu  $70,7 \Omega$  dilakukan setelah simulasi dengan mendapatkan *return loss*  $\leq -10$  dB dan  $VSWR \leq 2$  pada frekuensi kerja.

### 2.2.2 Saluran pencatu $100 \Omega$

Pencatu  $100 \Omega$  pada perancangan antena ini digunakan sebagai pencatu awal pada perancangan antena *array*. Untuk mendapatkan nilai hambatan  $100 \Omega$ , diperlukan dimensi yang tepat, tergantung pada jenis bahan substrat yang digunakan. Besarnya hambatan pencatu tergantung dari lebarnya. Untuk mendapatkan lebar saluran pencatu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan persamaan 2 sehingga didapatkan lebar saluran mikrostrip (W) sebagai berikut:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$= \frac{60\pi^2}{100\sqrt{4,9873}}$$

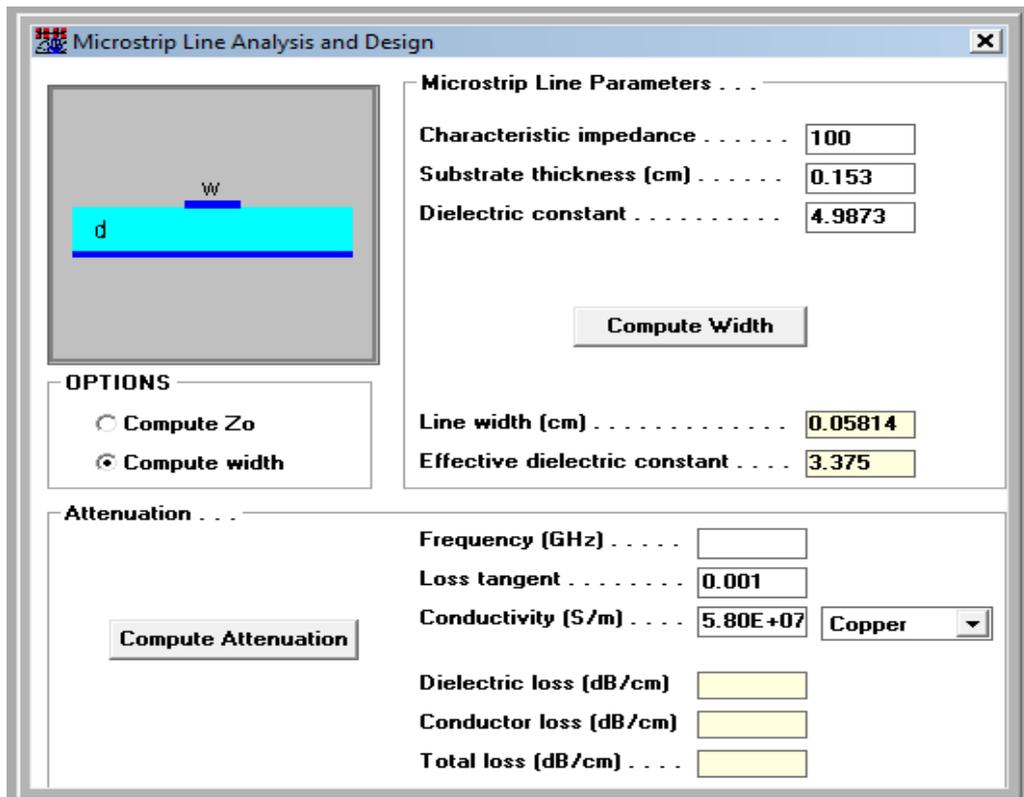
$$= 2,648$$

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

$$= \frac{2 \times 0,00153}{\pi} \left\{ 2,648 - 1 - \ln(2 \times 2,648 - 1) + \frac{4,9873 - 1}{2 \times 4,9873} \left[ \ln(2,648 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,9873} \right] \right\}$$

$$= 0,48 \text{ mm}$$

Lebar pencatu dapat juga dicari dengan menggunakan program PCAAD. Tampilan dari program PCAAD untuk mencari lebar pencatu agar mempunyai impedansi 100 Ω dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Tampilan hasil program PCAAD untuk mencari lebar pencatu 100 Ω

Dari program PCAAD, didapat lebar pencatu 100 Ω adalah 0,05814 cm atau 0,5814 mm. Untuk menyesuaikan dengan ukuran *grid Microwave* AWR 2004, maka lebar pencatu 100 Ω ini dibulatkan menjadi 0,05 cm atau 0,5 mm.

### 2.2.3 Saluran Pencatu 50 $\Omega$

Pencatu 50  $\Omega$  digunakan sebagai pencatu utama dari antena *array* yang akan terhubung dengan konektor SMA *female*. Lebar pencatu 70,7  $\Omega$  dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$B = \frac{60\pi^2}{Z0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$= \frac{60\pi^2}{50\sqrt{4,9873}}$$

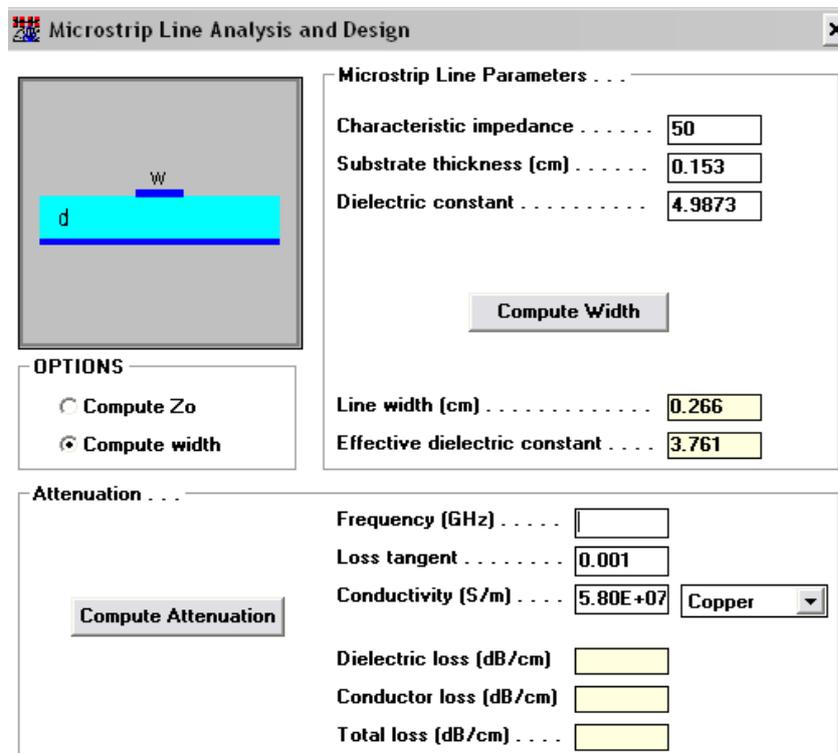
$$= 5,927$$

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

$$= \frac{2 \times 0,00153}{\pi} \{ 5,927 - 1 - \ln(2 \times 5,927 - 1) + \frac{4,9873 - 1}{2 \times 4,9873} \left[ \ln(5,927 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,9873} \right] \}$$

$$= 0.266 \text{ cm}$$

Dengan menggunakan program PCAAAD, akan didapatkan lebar pencatu seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan hasil program PCAAAD untuk mencari lebar pencatu 50  $\Omega$

Dengan memasukkan parameter-parameter, seperti impedansi, tebal, substrat, dan *dielectric constant*, didapatkan lebar pencatu sebesar 0,266 cm atau 2,66 mm. Namun, untuk menyesuaikan dengan ukuran *grid* yang digunakan pada *Microwave AWR 2004* maka lebar ini dibulatkan menjadi 0,3 cm atau 3 mm.

### 2.2.4 Saluran Pencatu 70,7 Ω

Pencatu 70,7 Ω digunakan sebagai transformator  $\frac{1}{4} \lambda$  panjang gelombang untuk menghubungkan antara pencatu 100 Ω dengan pencatu 50 Ω. Lebar pencatu 70,7 Ω dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$= \frac{60\pi^2}{70,7\sqrt{4,9873}}$$

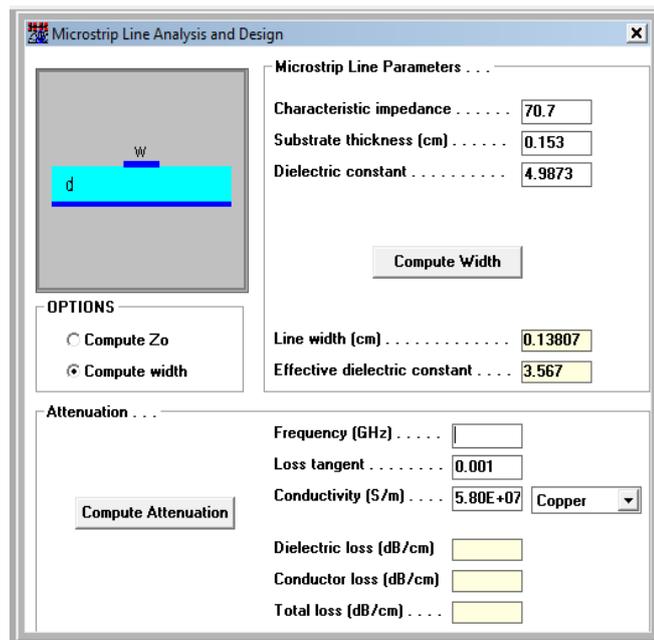
$$= 3,746$$

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

$$= \frac{2 \times 0,00153}{\pi} \left\{ 3,746 - 1 - \ln(2 \times 3,746 - 1) + \frac{4,9873 - 1}{2 \times 4,9873} \left[ \ln(3,746 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,9873} \right] \right\}$$

$$= 1,35 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan program PCAAD, akan didapatkan lebar pencatu seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan hasil program PCAAD untuk mencari lebar pencatu 70,7 Ω

Dengan memasukkan parameter-parameter, seperti impedansi, tebal, substrat, dan konstanta dielektrik, didapatkan lebar pencatu sebesar 0,13807 cm atau 1,3807 mm. Namun, untuk menyesuaikan dengan ukuran *grid* yang digunakan pada *Microwave AWR* 2004, maka lebar ini dibulatkan menjadi 0,15 cm atau 1,5 mm.

### 2.2.5 Penentuan Dimensi Awal Antena

Perancangan elemen tunggal mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Bramanto Seno [9]. Antena yang akan dirancang pada penelitian ini berbentuk segitiga. Langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan dimensi awal antena agar sesuai dengan frekuensi kerja yang diinginkan. Antena segitiga yang digunakan sebagai referensi untuk merancang antena segitiga *dualband* adalah antena segitiga yang bekerja pada frekuensi 3,3 GHz. Dari persamaan tersebut didapatkan panjang sisi segitiga sebagai berikut:

$$f_{10} = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(1)$$

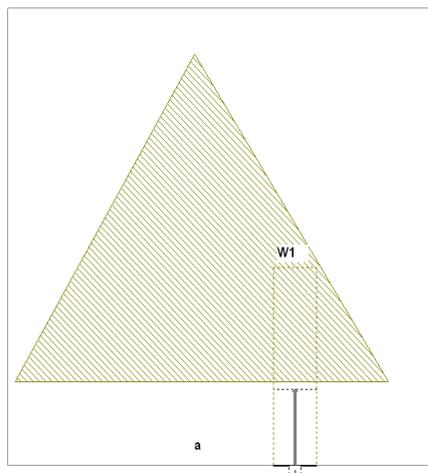
$$a = \frac{2c}{3f\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$a = \frac{2 \times 3 \times 10^8}{3 \times 3,3 \times 10^8 \sqrt{4,9873}}$$

$$a = 27,13 \text{ mm}$$

$$a \cong 27 \text{ mm}$$

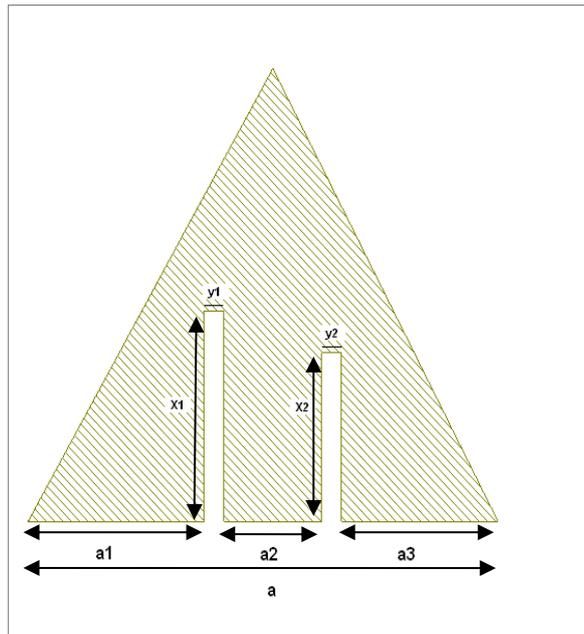
Berdasarkan perhitungan, didapatkan panjang sisi antena segitiga yang akan dijadikan referensi dalam proses simulasi yang akan dilaksanakan. Panjang sisi antena segitiga yang bekerja pada frekuensi 3,3 GHz adalah  $a = 27 \text{ mm}$ , tetapi setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan *AWR Microwave Office 2004* didapatkan panjang segitiga menjadi  $a = 26 \text{ mm}$ . Pencatuan yang digunakan pada simulasi ini adalah *electromagnetic coupled* yang menggunakan lebar saluran pencatu  $50 \Omega$  sebesar  $W1 = 2,8 \text{ mm}$  yang telah dicari dengan menggunakan program *PCAAD*.



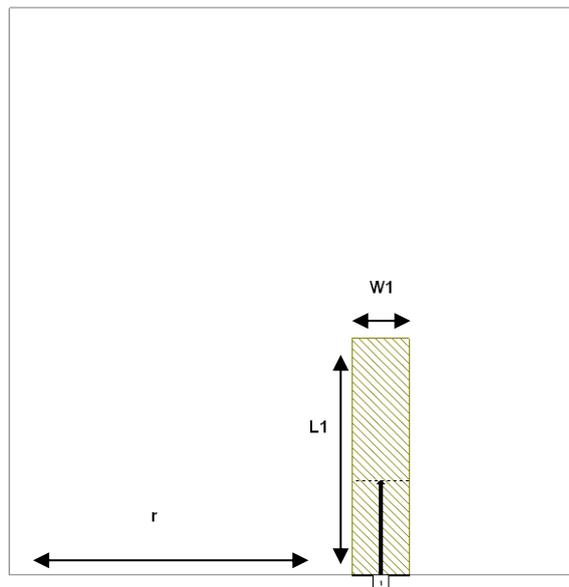
Gambar 5. Antena segitiga untuk frekuensi 3,3 GHz

### 2.2.6 Perancangan Antena Segitiga *Dualband*

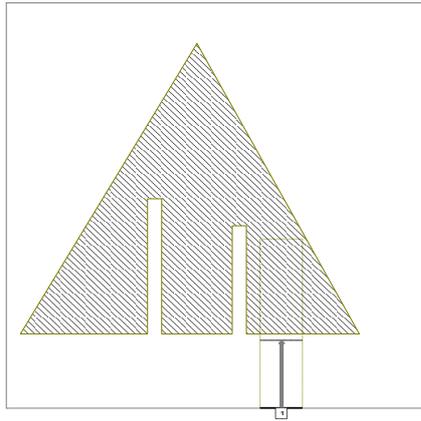
Untuk mendapatkan frekuensi *dualband* pada segitiga tersebut, maka digunakan teknik *slot*. *Slot* pada antena mikrostrip *patch* segitiga yang digunakan disini berfungsi untuk menghasilkan frekuensi *dualband* dan untuk mereduksi ukuran *patch* antena. Dari penelitian sebelumnya, telah didapatkan ukuran *slot*, yang diperoleh berdasarkan iterasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak AWR *Microwave Office* 2004. Rancangan antena hasil iterasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk dari segitiga antena *dualband*



Gambar 7. Bentuk dari pencatu antena *dualband*



Gambar 8. Rancangan antenna segitiga *dualband* dengan pencatu

Dari Gambar 6 didapatkan bentuk segitiga yang dirancang,  $a$  adalah panjang sisi segitiga yang dirancang sedangkan  $a_1$  adalah panjang sisi sebelah kiri segitiga dengan *slot* pertama,  $a_2$  adalah jarak antara *slot* pertama dengan *slot* kedua dan  $a_3$  adalah panjang sisi sebelah kanan segitiga dengan *slot* kedua.  $x_1$  dan  $y_1$  adalah panjang dan lebar dari *slot* pertama,  $x_2$  dan  $y_2$  adalah panjang dan lebar dari *slot* kedua. Dari Gambar 8, bentuk dari pencatu yang dirancang, nilai  $W_1$  dan  $L_1$  antenna menunjukkan panjang dan lebar pencatu dari antenna yang dirancang dan  $r$  merupakan jarak posisi pencatu. Nilai parameter yang digunakan dalam antenna yang dirancang dijelaskan pada Tabel 2.

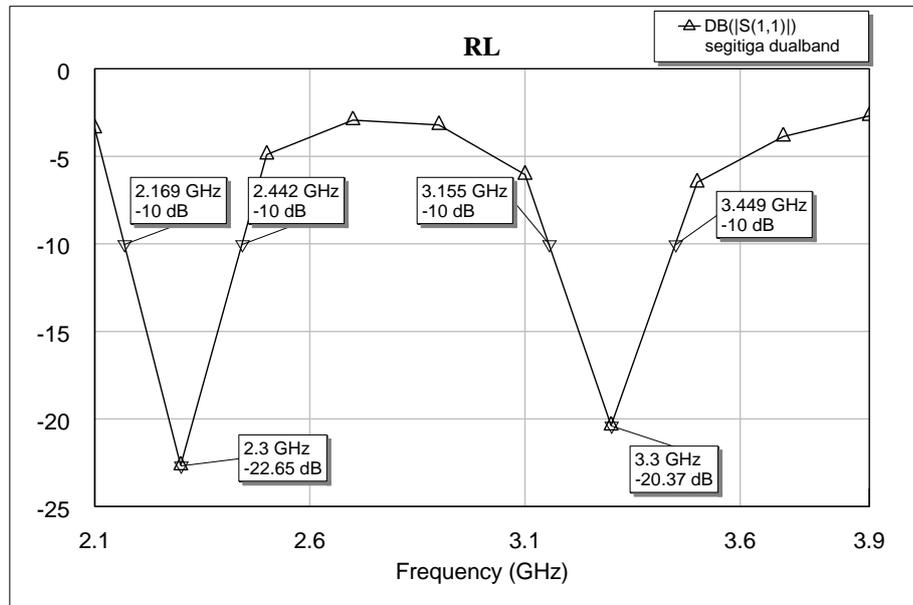
Tabel 2. Nilai parameter yang digunakan pada antenna yang dirancang

Parameter	panjang (mm)
a	24
a1	9
a2	5
a3	8
x1	10
x2	8
y1	1
y2	1
Parameter	Panjang ( mm)
W1	2.8
L1	12,5
R	18

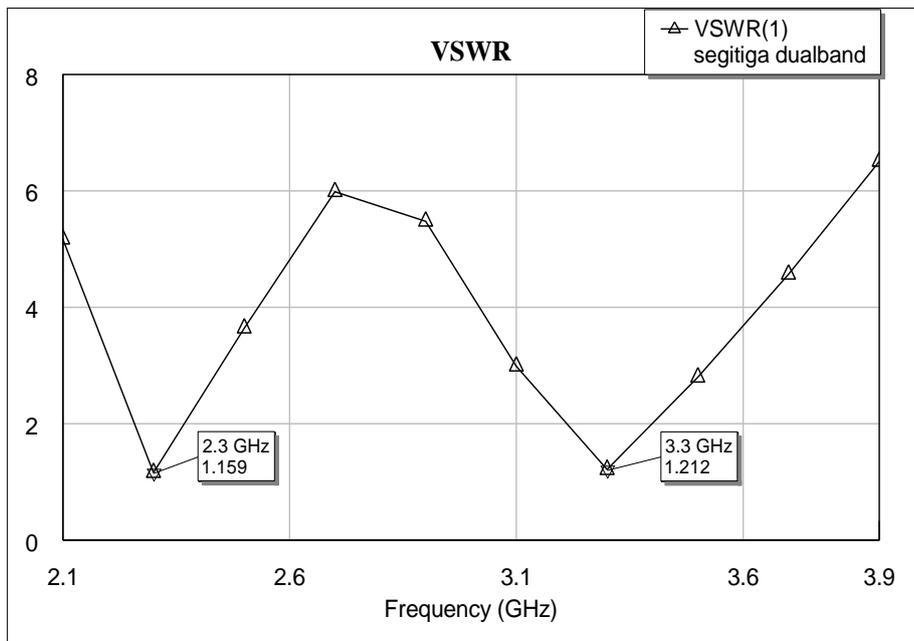
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Simulasi Antena Rancangan

Berdasarkan rancangan antenna segitiga *dualband* tersebut, dilakukan proses simulasi sehingga didapatkan nilai *return loss* pada frekuensi 2,3 GHz sebesar -22,65 dB dan VSWR sebesar 1,159. Pada frekuensi 3,3 GHz didapatkan *return loss* sebesar -20,31 dB dan VSWR sebesar 1,212 yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9. Grafik *return loss* dari rancangan antenna segitiga *dualband*



Gambar 10. Grafik VSWR dari antenna segitiga *dualband*

Dapat disimpulkan antenna yang dirancang tersebut telah memenuhi syarat sebagai antenna segitiga *dualband* yang dapat digunakan untuk aplikasi WiMAX. Antena ini dapat dikatakan sebagai antenna elemen tunggal.

### 3.2 Analisis Hasil Simulasi *Return Loss*

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa proses perancangan antenna yang bekerja pada *dualband* yang disusun secara *array* dua elemen dan telah berhasil mendapatkan sebuah antenna yang memenuhi syarat *matching* ( $return\ loss \leq -10\text{ dB}$ ) [5]. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk mengetahui antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan

Tabel 3. Hasil *return loss* simulasi antenna mikrostrip segitiga elemen tunggal

Parameter	Elemen tunggal	
Frekuensi Tengah	2.3 GHz	3,3 GHz
<i>Return Loss</i>	-22,65dB	-20,37dB
<i>Bandwidth</i>	273 MHz	294 MHz

### 3.3 Analisis Hasil Simulasi *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ( $|V|_{\max}$ ) dengan minimum ( $|V|_{\min}$ ) [6]. Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1, yang artinya tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun keadaan ini sulit untuk didapatkan, maka nilai standar VSWR yang diizinkan untuk direalisasikan adalah  $VSWR \leq 2$ . Dari hasil simulasi, syarat nilai standar VSWR ini telah dipenuhi. Hal ini dapat dilihat dari grafik VSWR yang didapatkan, seperti yang terlihat pada Gambar 10.

Tabel 4. Hasil simulasi VSWR simulasi antenna segitiga elemen tunggal

Parameter	Elemen tunggal	
Frekuensi Tengah	2.3 GHz	3,3 GHz
VSWR	1,159	1,212
<i>Bandwidth</i>	273 MHz	294 MHz

Dari Gambar 10, nilai VSWR yang dihasilkan pada elemen tunggal adalah 1,159 pada frekuensi 2,3 GHz dan 1,212 pada frekuensi 3,3 GHz. Nilai ini sesuai dengan syarat untuk sebuah antenna, yaitu  $\leq 2$  dan mendekati 1. Nilai VSWR pada frekuensi 2,3 GHz hampir mendekati keadaan dimana tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* yaitu  $VSWR = 1$

## 4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Antena yang dirancang bekerja pada dua rentang frekuensi yang berbeda dengan nilai *return loss*, VSWR, dan rentang frekuensi yang berbeda-beda. Pada frekuensi 2.300 MHz didapatkan nilai *return loss* sebesar -22,65 dB dan VSWR sebesar 1,159 dengan frekuensi kerja 2.169 – 2.442 MHz (273 MHz), sedangkan pada frekuensi 3.300 MHz

didapatkan nilai *return loss* sebesar -20,37 dB dan VSWR sebesar 1,212 dengan frekuensi kerja 3.155 – 3.449 MHz (294 MHz).

2. Antena mikrostrip yang dirancang dapat bekerja dengan baik di dua frekuensi kerja 2.300 MHz dan 3.300 MHz, dilihat dari kinerja simulasi antena yang diperoleh dari software AWR *Microwave Office* 2009.

## REFERENSI

- [1]. H.F Tarboush, H.S Al Rawesidy dan R. Nivalan, “Compact Double U Slot Patch Antenna For Mobile WiMax Application”, Oktober 2011
- [2]. Fawwaz T. Ulaby,. 2001. *Fundamentals of applied Electromagnetics*. USA : Prentice Hall.
- [3]. Indra Surjati. 2010. *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*. Jakarta : Universitas Trisakti.
- [4]. Kin-Lu Wong. 2002. *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. John Wiley & Sons, Inc., New York
- [5]. Andy Wiryanto. 2008. *Perancangan Antena Mikrostrip Linear Array 4 Elemen Dengan Teknik Slot Untuk Aplikasi GPS*.
- [6]. Hilman Halim. *Designing Triple-Band Microstrip Antenna That Operate At WiMAX Frequencies*, Mei 2007.