PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA COPLANAR WAVEGUIDE INVERTED-F UNTUK APLIKASI WIMAX

Bruri Edwin Prastomi[1], Heroe Wijanto[2], Yuyu Wahyu[3]

[1]Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Proses perkembangan teknologi telekomunikasi sangat pesat. Salah satu teknologi yang akan tren di Indonesia nantinya adalah WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Ini merupakan salah satu standard-based teknologi baru yang memungkinkan penyaluran akses broadband melalui penggunaan wireless sebagai alternatif kabel, DSL, dan 3G. WiMAX memiliki jangkauan yang cukup luas, yaitu hingga radius 50 km. Pengembangan teknologi WiMAX akan memberikan dampak positif bagi konsumen yang membutuhkan akses cepat dan mobile. Sehingga, Untuk mendukung teknologi ini dibutuhkan sebuah antena yang berkerja pada frekuensi kerja WiMAX.

Oleh karena itu, pada Tugas akhir ini dirancang dan disimulasikan Antena Coplanar Waveguide Inverted-F yang mampu bekerja pada rentang frekuensi 2,3 GHz – 2,4 GHz untuk mendukung teknologi WiMAX tersebut. Antena ini dirancang dengan mengkombinasikan konsep dari antena slot, IFA(inverted-f antenna), dan coplanar waveguide-fed, dan realisasikan pada sebuah FR-4 dielectric substrate. Dengan mengkombinasikan desain antena slot dan IFA akan menghasilkan antena yang memiliki bandwidth yang cukup lebar dan berdimensi kecil. Sedangkan pencatuan dengan coplanar waveguide dapat mempermudah pencatuan antena karena tidak membutuhkan proses pengeboran dan tambahan bahan lain sebagai penyepadan.

Konsep-konsep perancangan tersebut mampu menghasilkan antena yang mudah untuk dibuat, murah, berukuran compact, memiliki efisiensi dengan batas VSWR=1,5, mampu berkerja pada frekuensi kerja yang sesuai dengan teknologi WiMAX (2,3 GHz – 2,4 GHz) , serta memiliki polaradiasi yang bidirectional.

Kata Kunci : Antena Slot, IFA(inverted-f antenna), coplanar waveguide-fed , WIMAX

Abstract

The process of technology development of telecommunication is very fast. One of the technologies that will be trend later in Indonesia is WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). This is a new standard-based technology that allows broadband access distribution through wireless as an alternative of cable, DSL, and 3G. WiMAX has a wide range of up to 50 km radius. The development of WiMAX technology will provide a positive impact for consumers who need fast access and mobile. So that, to support this technology is required an antenna that works on the frequency of WiMAX.

Therefore in this final project, an Antenna Coplanar Waveguide Inverted-F which is able to work in frequency ranges 2.3 GHz - 2.4 GHz and supports WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) technology is designed and simulated by using Ansoft HFSS 9.2 software. The antenna is designed by combining Slot antenna, IFA (inverted-f antenna), and coplanar waveguide concepts and it realization is on FR-4 dielectric substrate. The combination between slot antenna and IFA makes the antenna have bandwidth that is wide enough and the antenna have compact dimension. The use of coplanar waveguide-fed makes easier way to feed the antenna, because there is no required of drilling process and extra components for matching.

The concepts of the design are able to produce an antenna that is easy to make, inexpensive, compact size, efficiency that has a limit with VSWR = 1.5, able to work on frequency that accordance with WiMAX technology (2.3 GHz - 2.4 GHz), and have bidirectional radiation pattern.

Keywords : Slot Antenna, IFA(inverted-f antenna), coplanar waveguide-fed, WIMAX

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan teknologi komunikasi *wireless* di dunia modern semakin cepat dan beragam, sehingga banyak muncul standar teknologi yang baru dan semakin canggih. Teknologi WiMAX merupakan teknologi *wireless* yang sedang berkembang pada saat ini, yang disediakan untuk layanan internet dengan kecepatan tinggi. Teknologi ini diimplementasikan untuk mengatasi penggunaan komunikasi dengan media kabel dan mempunyai jangkauan wilayah yang luas dibandingkan dengan WLAN.

Antena berperan penting dalam penerimaan dan pengiriman informasi pada teknologi WiMAX, yaitu sebagai transformator gelombang elektromagnetik dari dan ke udara. Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini akan dirancang antena inverted-F yang mampu bekerja pada frekuensi WiMAX (2300 MHz – 2400). Antena ini merupakan pengembangan dari antena slot, *IFA(inverted-f antenna)*, dan *coplanar waveguide-fed* yang realisasikan pada sebuah *FR-4 dielectric substrate*. Dengan konsep perancangan tersebut diharapkan dapat menjadikan antena ini sebagai salah satu antena yang mudah untuk dibuat, murah, memiliki efisiensi dan *bandwidth* yang sesuai, dan berukuran *compact*.

Untuk perancangan dan modifikasi antena ini digunakan software Ansoft HFSS versi 9.2. Ansoft HFSS versi 9.2 mampu dengan mudah menampilkan disain dan parameter antena (*gain*, pola radiasi, VSWR, impedansi antena, dsb).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini yaitu:

1. Membuat antena yang mudah, murah, efisien dan berkualitas dengan berdasarkan pada konsep perancangan dari percobaan-percobaan yang sudah pernah dilakukan sebelumnya.

2. Melakukan pengukuran dan pengujian untuk mendapatkan informasi tentang kualitas dari antena hasil perancangan.

1.3 Perumusan Masalah

Masalah yang akan diteliti dalam Tugas Akhir ini yaitu cara merancang dan merealisasikan Antena Coplanar Waveguide Inverted-F, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan antena agar bekerja pada *range* frekuensi WIMAX (2300 MHz – 2400MHz) dengan penggunaan nilai SWR ≤ 1,5.
2. Bagaimana cara mensimulasikan model modifikasi dan parameter dimensi apa saja yang perlu dikembangkan agar sesuai dengan spesifikasinya.
3. Bagaimana menganalisa parameter-parameter antena yang dibutuhkan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dan direalisasikan sudah memenuhi syarat spesifikasi.
4. Bagaimana hasil perbandingan antara analisis penggunaan simulasi *software* dengan pengukuran langsung setelah *prototype*-nya dibuat.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan Tugas Akhir ini dibatasi oleh beberapa hal, antara lain :

1. Spesifikasi teknik antena, yaitu :
   - Wilayah Frekuensi : 2300-2400 MHz
   - Pola radiasi : *Bidirectional*
   - Impedansi : 50 Ohm
   - VSWR : = 1.5
   - Polarisasi : Linier
   - Konektor : SMA
   - Gain : = 2.5 dBi

2. Parameter Pengukuran, yaitu :
   - VSWR

- Impedansi
- *Bandwidth*
- Pola Radiasi
- *Gain*
- Polarisasi

3. Pemilihan frekuensi kerja melatar belakangi banyaknya pemakaian frekuensi kerja WiMax diindonesia yaitu wilayah 2300-2400 Mhz.
4. Pencatuan ke antena dilakukan dengan menggunakan pencatuan tunggal langsung melalui saluran mikrostrip dan untuk pengukurannya saluran mikrostrip terhubung dengan *probe* koaksial.
5. Bahan substrat yang dipakai adalah *Epoxy FR-4*
6. Proses pabrikasi antena dengan *photoetching*

1.5 Metodologi Penelitian

Pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan metodologi :

1. Studi literature

   Bertujuan mempelajari dasar teori dari buku–buku dan literature-literatur yang berkaitan dengan penyusunan Tugas Akhir.
2. Perancangan model antenna dan realisasi antena.

   Merupakan perancangan antena dengan secara teori dan mensimulasikan model antena dengan meggunakan *software* Ansoft HFSS 9.2.
3. Realisasi dan Pengukuran

   Setelah dilakukan perancangan model antena, maka dilakukan realisasi dari antena yang telah disimulasikan dan mengukur parameter dari antena.
4. Analisis

   Bertujuan menganalisis data yang diperoleh dari simulasi dengan hasil realisasi dari antena yang dirancang dan diukur.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah:

BAB I. Pendahuluan

Pada bab ini Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang pembuatan Tugas Akhir, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II. Dasar teori antena

Bab ini membahas tentang Antena inverted-F, catuan *coplanar waveguide*, antena slot, antena ber*tuning stub*, serta konsep dasar lain yang berhubungan dengan perancangan antena.

BAB III. Perancangan dan Simulasi

Bab ini dibahas tentang perancangan antena yang dilihat dari pemodelan dan simulasi dengan menggunakan *software* Ansoft HFSS 9.2.

BAB IV. Analisa Perbandingan Prototype

Bab ini berisi tentang analisa perbandingan antara hasil pengukuran yang didapat dari prototipe yang dibuat dengan hasil simulasi modifikasi berdasarkan *software*.

BAB V. Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas kesimpulan-kesimpulan serta saran yang dapat ditarik dari keseluruhan Tugas Akhir dan kemungkinan pengembangan topik yang bersangkutan.

1.7 Realisasi Rencana Kerja dan Biaya

Tabel 1.1 dan 1.2 menunjukkan alokasi waktu dan biaya pengerjaan Tugas Akhir.

Tabel 1.1 Alokasi Waktu Pengerjaan Tugas Akhir

Maret 2009 **Juli 2009**

N0		Bln I				Bln II				Bln III				Bln IV			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																
2	Perancangan dan pembuatan																
3	Pengukuran dan toubleshooting																
4	Pengujian subsitem																
5	Pengujian terintegrasi																
6	Analisa																
7	Penyusunan Laporan																

Tabel 1.2 Biaya Pengerjaan Tugas Akhir

No	Jenis Bahan	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Konektor SMA	1	Rp 25.000,00	Rp 25.000,00
2	*Epoxy FR-4* @50cm^2	1	Rp 7.500,00	Rp 7.000,00
3	Negatif Film	1	Rp 6.000,00	Rp 6.000,00
Total Biaya				**Rp 38.000,00**

BAB IV
PENGUKURAN DAN ANALISIS

Pengukuran yang dilakukan pada Tugas Akhir ini terhadap antena hasil simulasi terdiri dari dua macam pengukuran, yaitu pengukuran fisik antena dan pengukuran karakteristik antena. Hasil ukur yang didapatkan akan dijadikan bahan perbandingan dengan hasil simulasi, untuk kemudian dilakukan analisis terhadap setiap penyimpangan yang terjadi.

Pengukuran karakteristik antena meliputi SWR, impedansi, pola radiasi, *gain* dan polarisasi. Sedangkan pengukuran dimensi fisik antena bertujuan untuk mengetahui penyebab penyimpangan karakteristik antena akibat proses pabrikasi terhadap hasil perancangan melalui simulasi.

Dalam pengukuran antena, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah kemampuan perangkat ukurnya, terutama *rating* maksimum dan frekuensi dari alat ukur itu sendiri. Dalam Tugas Akhir ini alat ukur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Network Analyzer*, merek *Agilent* 8714ES (300 KHz - 3 GHz) .

   Alat ukur ini digunakan dalam pengukuran VSWR, *bandwidth*, dan impedansi antena. *Network analyzer* akan menampilkan grafik hasil ukur berupa VSWR fungsi frekuensi, dan impedansi dalam bentuk *smith chart*.

2. *Spectrum Analyzer*, merek : *HP* tipe 8563E (30 Hz - 26,5 GHz).

   Alat ukur ini digunakan dalam pengukuran *gain*, pola radiasi, dan polarisasi dari antena yang diukur. Dalam penggunaanya, *spectrum analyzer* ditempatkan pada antena penerima (Rx) yang akan menampilkan level daya terima (*RSL*). Melalui pengukuran inilah dapat diketahui karakteristik level sinyal pada antena penerima

3. *Sweep Oscilator*, merek : *HP* 8350 B

   Alat ukur ini digunakan dalam pengukuran *gain*, pola radiasi, dan polarisasi dari antena yang diukur. Dalam pengukuran, *Sweep oscillator* ditempatkan pada antena pemancar (Tx) yang berfungsi memberikan level daya dan frekuensi.

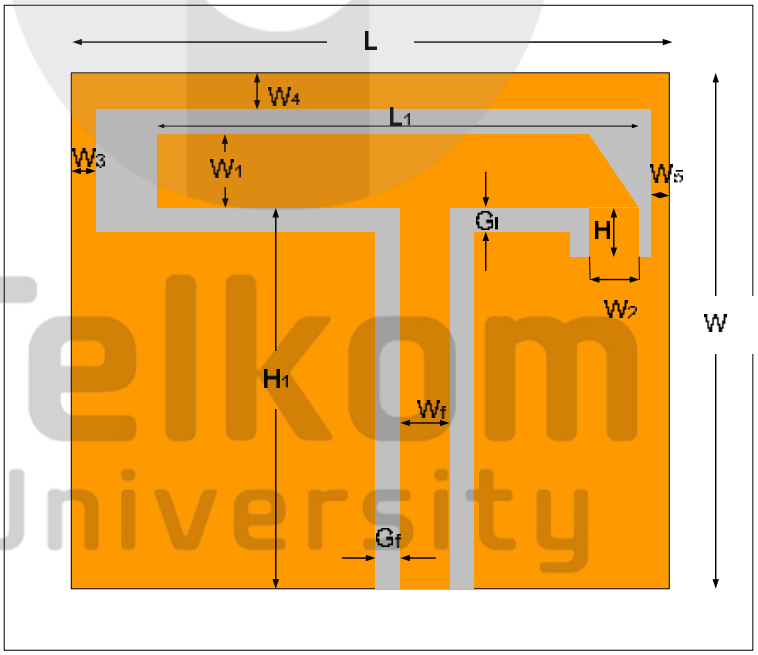
4. *Profile Projector (Nikon V-12B)*

Alat ukur ini digunakan untuk pengukuran dimensi fisik antenna. Prinsip kerjanya menggunakan efek cahaya untuk mendapatkan bayangan objek yang diukur. Kemampuan alat ini dapat mengukur dimensi suatu objek sampai orde *micrometer*.

4.1 Pengukuran Dimensi Antena

4.1.1 Hasil Pengukuran Dimensi Antena

Dimensi pada suatu antena akan menentukan sifat karakteristik suatu antena. Dalam perancangan antena, penyimpangan dalam orde millimeter akan sangat mempengaruhi sifat karakteristik secara umum, sehingga di dalam proses pabrikasi antena harus memiliki tingkat ketelitian dan keakuratan yang sangat tinggi. Pengukuran dimensi fisik dari antena ini dilakukan di Laboratorium Mikroelektronika LIPI Bandung. Alat yang digunakan adalah *Profile Projector (Nikon V-12B)*. *Profile Projektor* yang digunakan ini memiliki ketelitian sampai orde millimeter. Hasil pengukuran dimensi antena dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Dimensi Antena Hasil Pengukuran

Tabel 4.1 Perbandingan Dimensi Antena Hasil Simulasi terhadap Hasil Pengukuran

Sub-Dimensi	Hasil Simulasi (mm)	Hasil Pengukuran (mm)
L	30,2	30,255
L_1	18,7	18,764
H	3,2	3,140
H_1	20,6	20,715
G_f	0,3	0,306
G_1	0,6	0,550
W	29	29,071
W_f	2,73	2,740
W_1	2,6	2,639
W_2	3	3,032
W_3	1,5	1,570
W_4	5,1	5,138
W_5	1,5	1,553

4.1.2 Analisis Hasil Pengukuran Dimensi Antena

Dari hasil pengukuran dimensi fisik antena menunjukkan adanya penyimpangan dibandingkan terhadap ukuran desain yang diinginkan seperti terlihat pada gambar 4.1. Penyimpangan yang terjadi berkisar antara 0.006 mm sampai dengan 0.115 mm dari ukuran desainnya. Ukuran prototipe yang menyimpang terhadap pemodelan simulasi dapat menyebabkan berubahnya beberapa faktor parameter antena yaitu frekuensi resonansi, impedansi dan koefisien pantul hasil pengukuran dengan hasil simulasi, hal ini dikarenakan antena bekerja pada frekuensi orde tinggi (GHz).

Pada tabel 4.1 nilai penyimpangan dimensi antena pengukuran terhadap hasil simulasi masih bisa ditoleransi dan ukuran penyimpangan ini bisa diabaikan sehingga prototipe yang dibuat bisa dikatakan mendekati pemodelan desain yang diinginkan.

4.2 Pengukuran Karakteristik Antena

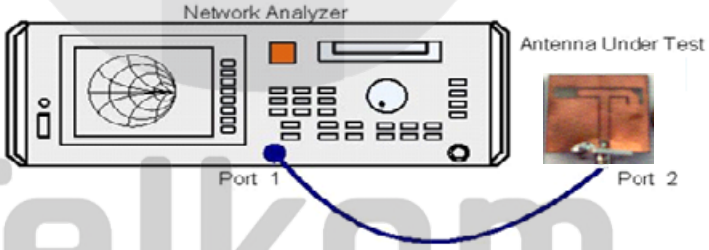
4.2.1 Pengukuran VSWR, *Bandwidth*, dan Impedansi Antena

Pengukuran VSWR bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gelombang berdiri akibat dari sinyal pantul yang terjadi. Semakin besar nilai VSWR maka semakin buruk. Nilai VSWR harus sesuai dengan ambang batas atau kemampuan perangkat yang dipakai. Pada Tugas Akhir ini nilai VSWR yang diharapkan tidak melebihi dari 1,5.

Pengukuran *bandwidth* bertujuan untuk mengetahui kemampuan antena dalam melewatkan data. Jika *bandwidth* besar maka kapasitas atau *bit rate* data yang dilewatkan bisa besar pula. Pengukuran Impedansi bertujuan untuk mengetahui apakah antena yang dipakai sesuai dengan saluran transmisi yang digunakan. Dari ketiga karakteristik di atas diukur menggunakan *Network Analyzer*, merek *Agilent* 8714ES (300 KHz - 3 GHz) yang mempunyai kemampuan mengukur karakteristik antena dari frekuensi 300 KHz sampai dengan 3 GHz

Untuk pengukuran VSWR antena menggunakan *Network Analyzer*, yaitu dengan membaca parameter S11, yang merepresentasikan perbandingan daya yang dikirim ke beban dengan daya yang terpantul dari beban. Dalam hal ini antena dianggap sebagai beban yang mempunyai impedansi masukan yang berbeda-beda untuk setiap frekuensi.

Pada kondisi ideal, pengukuran VSWR dilakukan di dalam ruangan tanpa pantul sehingga daya pancar yang dikirim dari *port* 1 *Network Analyzer* tidak dipantulkan kembali ke antena. Selain itu antena yang diukur harus bebas dari benda-benda di sekelilingnya, karena akan mempengaruhi hasil ukur. Namun hal tersebut sulit dicapai, sehingga dalam pengukurannya, daya pancar yang keluar dari *Network Analyzer* diatur sekecil mungkin, atau diatur mengikuti kondisi *default.*



Gambar 4.2 Konfigurasi pengukuran VSWR, *Bandwidth*, dan Impedansi

Gambar 4.2 memperlihatkan konfigurasi pengukuran VSWR, *bandwidth*, dan impedansi. Pada konfigurasinya antena yang mau diukur AUT terhubung melalui kabel koaxial 50 ohm pada *port* 1 *Network Analyzer*.

4.2.1.1 Prosedur Pengukuran VSWR, *Bandwidth*, dan Impedansi

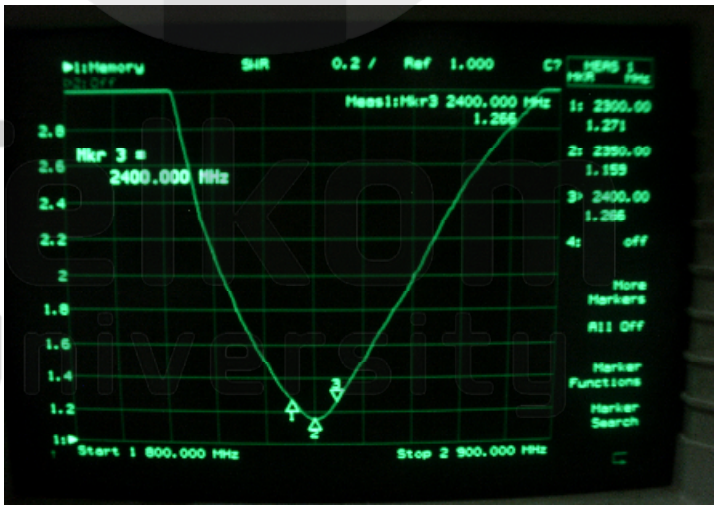
Prosedur pengukurannya adalah sebagai berikut :

1. Kalibrasi *Network Analyzer*nya beserta kabel koaxial yang dipergunakan dengan *calibration kit* yang tersedia sehingga nilai return loss mendekati nol untuk semua frekuensi. Langkah kalibrasi ini sangat penting untuk mendapatkan nilai validitas pengukuran sebaik mungkin, tanpa dipengaruhi olah adanya redaman kabel.
2. Hubungkan antena AUT (*antena under test*) ke *port* 1 *Network Analyzer*.
3. Tampilkan masing-masing parameter yang ingin diketahui melalui tombol format, kemudian catat serta rekam grafik hasil pengukuran tersebut.
4. Untuk VSWR didapatkan fungsi grafik SWR terhadap frekuensi, sedangkan Impedansi input didapatkan fungsi grafik *smith chart* yang menggambarkan fungsi impedansi terhadap frekuensi.

4.2.1.2 Hasil Pengukuran VSWR, *Bandwidth*, dan Impedansi

Pengukuran dengan *Network Analyzer* dilakukan dengan rentang frekuensi 1.8 GHz sampai dengan 2,9 GHz. Berikut ini adalah gambar hasil pengukuran yang didapat :

- **VSWR dan *Bandwidth***



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran VSWR dan *Bandwidth*

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa frekuensi kerja berada pada VSWR = 1.5.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran VSWR

Frekuensi (MHz)	VSWR
2241	1,5
2300	1,271
2350	1,159
2400	1,266
2457	1,5

sehingga *bandwidth* diperoleh saat VSWR = 1.5 dengan menggunakan rumus adalah

$$BW = fu - fl \quad \textbf{(4.1)}$$

$$= (2457\text{-}2241)\ \text{MHz}$$

$$= 216\ \text{MHz}$$

Dalam Bentuk persentase,

$$BW = \frac{fu - fl}{fc} * 100\% \quad \textbf{(4.2)}$$

$$= \frac{(2457 - 2241)MHz}{2350MHz} * 100\%$$

$$= 9,\ 2\ \%$$

- **Impedansi**

Gambar 4.4 *Smith Chart* hasil pengukuran impedansi

Nilai impedansi yang terukur pada frekuensi tengah 2350 MHz adalah 57,96 + j204,7m?.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Impedansi.

Frekuensi (MHz)	Resistansi	Reaktansi
2300	62,49 ?	-j9,40?
2350	57,96 ?	+j204,7m?
2400	60,83 ?	+j7,222?

4.2.1.3 Analisis Hasil Pengukuran VSWR, *Bandwidth*, dan Impedansi

Di dalam pengukuran ini digunakan kabel koaksial yang terhubung dengan *port* pada NA dengan standart 50 O. Untuk kondisi ideal yang diharapkan adalah terjadinya transfer daya maksimum, yang didapatkan dengan besarnya impedansi antena bersifat resistif murni sebesar 50 O. Dari hasil pengukuran impedansi antena dengan impedansi saluran transmisi kurang sepadan, sehingga daya yang datang tidak akan ditransmisikan semuanya dan ada yang dipantulkan sebagian dikarenakan ketidaksepadanan. Keadaaan ketidaksepadanan ini akan mempengaruhi nilai dari koefien pantul dan akan berpengaruh pada nilai SWR. Semakin tidak *matching* impedansi antena dengan impedansi saluran transmisi, maka nilai dari koefisien pantul akan semakin besar dan nilai SWR juga akan semakin besar.

Dari hasil yang dicapai dapat analisis bahwa dengan standar VSWR = 1,5 antena bisa memenuhi frekuensi kerja dari spesifikasi awal yang diinginkan. Sedangkan perbandingan hasil pengukuran antena dengan simulasi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Perbandingan VSWR Pengukuran dan Simulasi.

Frekuensi (MHz)	Simulasi	Pengukuran
	VSWR	VSWR
2300	1,25	1,271
2350	1,07	1,159
2400	1,2	1,266

Tabel 4.5 Perbandingan Impedansi Simulasi dan Pengukuran

	Impedansi
Simulasi	51,88 – j3.07 ?.
Pengukuran	57,96 ? + j204,7m?

Dari perbandingan diatas, bisa diketahui bahwa secara keseluruhan nilai VSWR dan impedansi hasil pengukuran mengalami perubahan dibandingkan dengan hasil simulasi. Hal ini disebabkan karena ketidaktelitian pembuatan antena. Pembuatan antena ini dilakukan secara *photoetching*, sehingga menyebabkan dimensi antena yang dipabrikasikan memiliki nilai yang tidak sesuai dengan dimensi antena simulasi. Ketidaksesuaian dimensi antena pabrikasi dengan dimensi antena simulasi inilah yang menyebabkan adanya perubahan nilai parameter dari antena pabrikasi dibanding antena simulasi. Selain itu, ketidaksesuaian pengukuran juga dikarenakan ada redaman yang dimiliki kabel koaksial pada saat pengukuran VSWR, impedansi, dan *bandwidth.*

Namun, Dengan melihat tabel di atas dapat dikatakan antena telah memenuhi spesifikasi awal dan dapat diterapkan untuk aplikasi WiMAX. Antena bisa disambungkan dengan saluran tranmisi 50? karena nilai impedansi dan VSWR baik dari simulasi maupun pengukuran masih berada pada nilai yang mampu ditolerir oleh perangkat.

4.2.2 Pengukuran Pola Radiasi Antena

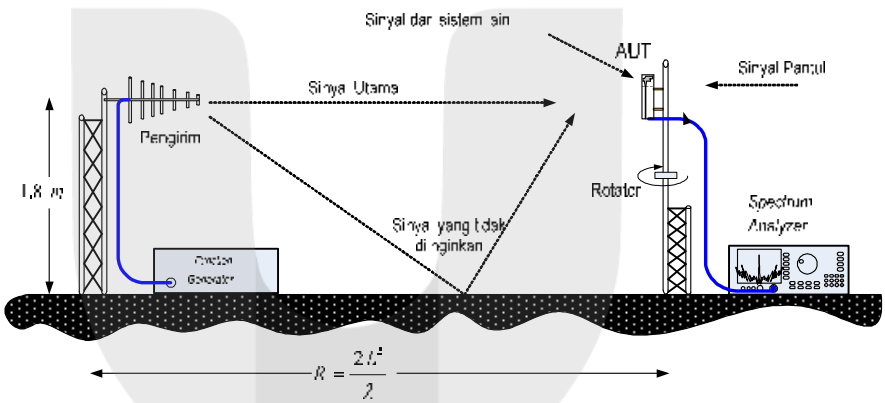
Pola radiasi dari suatu antena merupakan gambaran dari intensitas pancaran antena sebagai fungsi dari parameter koordinat bola (?,f). Komponen-komponen yang terdapat dalam gambaran pola radiasi adalah *mainlobe*, *sidelobe*, dan *backlobe*. Dari *mainlobe* bisa dilihat parameter-parameter Half Power Beamwidth (HPBW) dan First Null Beamwidth (FNBW).

Pola 2D disebut potongan pola, diperoleh dengan menetapkan salah satu sudut (θ atau ϕ) dan membuat yang lainnya variabel. Misalnya : membuat pola elevasi (ϕ tetap dan θ variabel) atau membuat pola *azimuth* (ϕ variabel, θ tetap). Sedangkan dalam pengukuran ini antena Coplanar Waveguide Inverted-F sebagai AUT (*antena under test*) diposisikan sebagai penerima.

Pola radiasi antena diukur pada daerah medan jauh antena, karena pada daerah tersebut gelombang elektromagnetik yang terpancar bersifat

transversal penuh dan antena tidak dipengaruhi oleh benda di sekelilingnya. Adapun besarnya medan jauh untuk pengukuran ini agar nilai dihitung melalui persamaan: $R \geq \frac{2L^2}{\lambda}$ dimana L adalah dimensi terbesar antena dan λ adalah panjang gelombang. L pada antena ini adalah diagonal dari groundplane yang panjangnya L = 0,042 m, sedangkan $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3x10^8}{2,35x10^9} = 0.128$. Jarak Medan jauh (R) $= \frac{2x0,042^2}{0,128} = 0.028m$. Jadi R = 0,028m. Pada saat pengukuran jarak (R) yang digunakan adalah 1 m.

4.2.2.1 Prosedur Pengukuran Pola Radiasi Antena



Gambar 4.5 Konfigurasi Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran ini pola radiasi, *gain*, dan polarisasi dilakukan di lapangan terbuka samping gedung E Kampus ITTelkom.

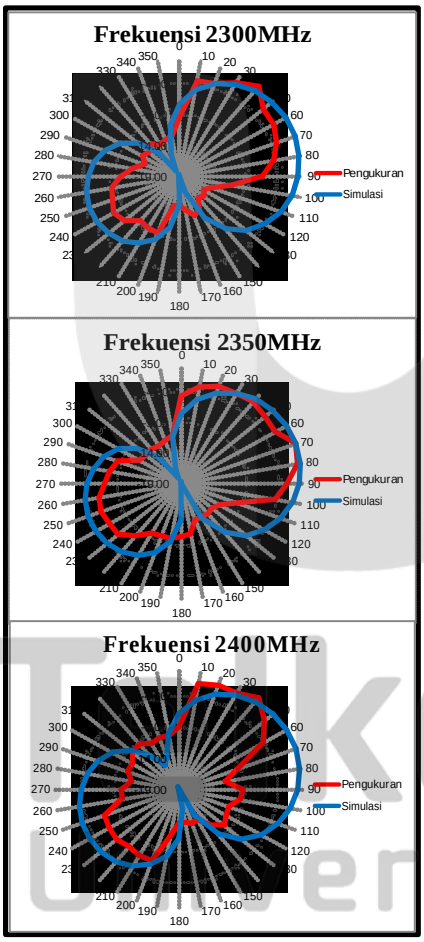
Langkah-langkah yang dilakukan adalah :

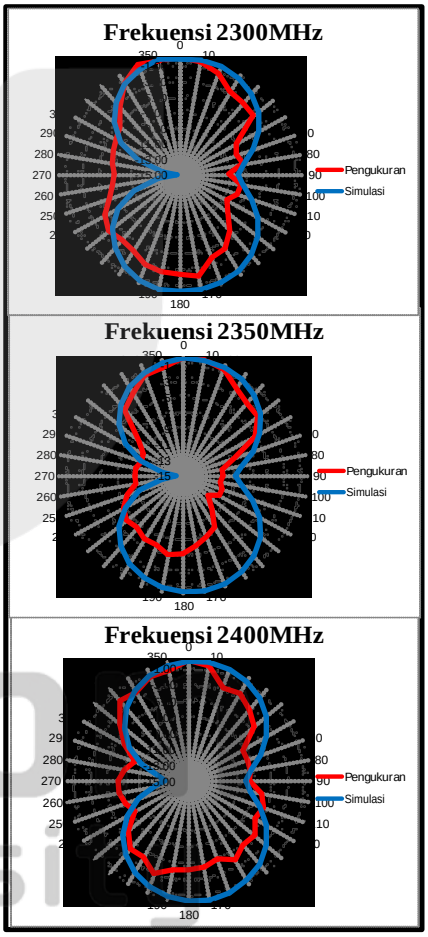
1. Antena pemancar dihubungkan ke *Sweep Oscilator* dan *Antena Under Test* (AUT) dihubungkan ke *Spectrum Analyzer*.
2. AUT berada pada jarak 1 m. Hal ini memenuhi jarak minimum medan jauh yaitu 0.028 m.
3. Nyalakan *Sweep Oscillator* dan *Spectrum Analyzer*, dan atur frekuensinya pada nilai 2350 MHz.
4. AUT diputar-putar secara azimuth dan elevasi per 10^0

5. Catat level terima yang terbaca pada *Spectrum Analyzer*. Hasil pengukuran dicatat sebanyak dua kali dalam rentang waktu yang sama dengan tujuan untuk mencari nilai rata- rata akibat dari fluktuasi level daya yang terus berubah-ubah. Hasil rata-rata yang didapatkan akan dinormalisasikan terhadap daya yang terbesar. Normalisasi ini akan menghasilkan *gain* normalisasi yang kemudian hasilnya akan digambarkan sebagai pola radiasi normal dalam skala logaritmis. Untuk mempermudah digunakan *software Excel*.

4.2.2.2 Hasil Pengukuran dan Perbandingan dengan Hasil Simulasi

Di bawah ini hasil pengukuran yang dibandingkan dengan hasil simulasi :





Gambar 4.6 (a) Pola Radiasi Azimuth **Gambar 4.6 (b)** Pola Radiasi Elevasi

Gambar 4.6 Perbandingan pola radiasi antena hasil simulasi dan hasil pengukuran

4.2.2.3 Analisis Hasil Pengukuran Pola Radiasi dan Simulasi

Dari hasil simulasi dan pengukuran antena ini memiliki pola radiasi *Bidireksional* yaitu pola radiasi terkuatnya mengarah pada dua arah. Dapat dilihat pada gambar 4.6 bahwa hasil pola radiasi antara simulasi dengan pengukuran tidak jauh berbeda dan masih bisa ditoleransi.

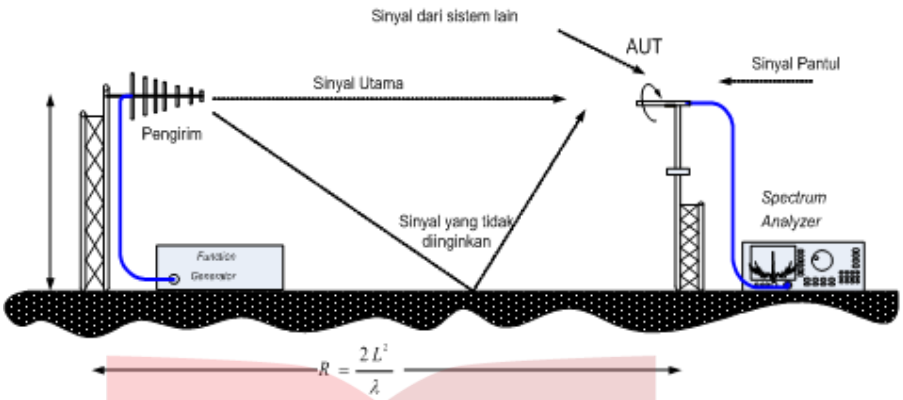
Beberapa perbedaan diatas disebabkan karena pada pengukuran terjadi pantulan dari obyek disekitar lapangan samping gedung E kampus IT Telkom. Sedangkan pada simulasi, vektor medan yang datang hanya dari gelombang yang dinginkan saja dan diasumsikan pembentukan pola pancarnya berada di suatu ruangan ideal tanpa adanya pantulan dan sumber lain.

4.2.3 Pengukuran Polarisasi Antena

Polarisasi merupakan jejak medan elektrik yang dipandang dari bidang yang tegak lurus terhadap arah rambat gelombang. Polarisasi perlu diketahui agar dalam pemasangan antena tidak sembarangan disesuaikan dengan polarisasi dari antena pengirim. Jika polarisasi antena pemancar dengan penerima tidak match maka daya yang diterima akan kecil. Hal ini disebabkan oleh *polarization loss factor* (PLF).

4.2.3.1 Prosedur Pengukuran Polarisasi Antena

Pengukuran diakuakan di lapangan samping gedung E kampus IT Telkom. Untuk mengukur polarisasi antena diperlukan generator yang terhubung ke antena berpolarisasi linier sebagai pemancar dan pada sisi penerima terdapat *Antenna Under Test (AUT)* terhubung pada *Spectrum Analyzer*. Konfigurasi pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.7.

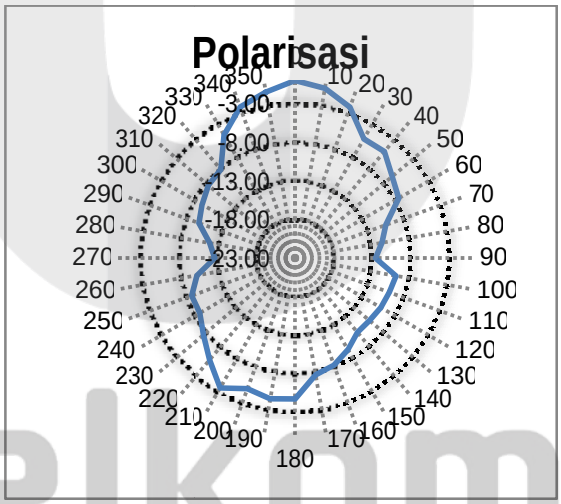


Gambar 4.7 Konfigurasi Pengukuran Polarisasi

Antena AUT diputar 360^0 per 10^0 vertikal dengan patch sebagai sumbu putarnya sehingga didapatkan level penerimaan saat maksimum (sumbu mayor) dan saat minimum (sumbu minor). Daya terima dicatat dan diolah dengan *Software Excel*. Frekuensi *Sweep Oscillator* diatur 2350 MHz.

4.2.3.2 Hasil Pengukuran Polarisasi Antena

Hasil pengukurannya ditunjukkan pada gambar berikut



Gambar 4.8 Polarisasi Hasil Pengukuran

4.2.3.3 Analisis Pengukuran Polarisasi Antena

Dari hasil pengukuran didapatkan data sebagai berikut :

Daya terima maksimum (sumbu mayor) = -41.65 dBm = $6{,}839 \times 10^{-8}$ watt

Daya terima minimum (sumbu minor) = -54.24 dBm = $0{,}376 \times 10^{-8}$ watt

Dengan analisis rasio kuat medan elektrik, maka dapat diketahui tipe polarisasinya. Untuk mendapatkan besar kuat medan elektrik, maka digunakan penurunan rumus sebagai berikut :

- $P_D = \frac{V^2/m^2}{Z_{in}}$ **(4.3)**
- $P = P_D x A_e$ **(4.4)**
- $P = \frac{V^2/m^2}{Z_{in}} x A_e$ **(4.5)**
- $P_{dB} = 10\log(\frac{E^2}{Z_{in}} x A_e)$ **(4.6)**
- $P_{dBm} = 10\log\left(\frac{E^2}{377} x A_e\right)$ **(4.7)**

Maka, $P_{watt} = \frac{E^2}{377} x A_e$ **(4.8)**

$E^2 = \frac{P_{watt} x 377}{A_e}$ **(4.9)**

Rasio kuat medan elektrik (numerik)

$$AR = \frac{Mayor}{Minor} = \frac{\sqrt{\frac{P_{watt\ mayor} \times 377}{A_e}}}{\sqrt{\frac{P_{watt\ minor} \times 377}{A_e}}} = \frac{\sqrt{P_{watt\ mayor} \times 377}}{\sqrt{P_{watt\ minor} \times 377}} \quad \textbf{(4.10)}$$

Dengan mensubstitusikan nilai sumbu mayor dan minor ke persamaan 4.7 maka didapatkan rasio kuat medan elektrik adalah 4,26 atau 6,29 dB. Karena 1< Rasio kuat medan elektrik (numerik) <8 maka AUT berpolarisasi elips. Hasil ini berbeda dengan polarisasi awal yang diharapkan yaitu polarisasi linier. Perbedaan ini disebabkan oleh ruang pengukuran yang kurang mendukung yang mengakibatkan banyaknya sinyal penginterferensi. Selain itu dimungkinkan antena pemancar yang dalam pengukuran ini menggunakan antena yagi memiliki polarisasi tidak linier sempurna sehingga terjadi penyimpangan.

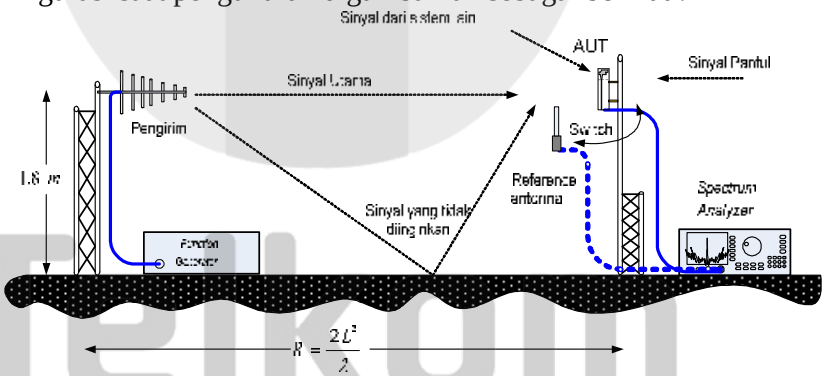
4.2.4 Pengukuran *Gain* Antena

Gain antena didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum suatu antena terhadap intensitas radiasi maksimum antena referensi dengan daya input sama. Macam-macam antena referensi yang digunakan biasanya adalah antena isotropis, dipole ½ λ, dan *horn*. Besarnya *gain* antena dinyatakan dalam satuan dB terhadap antena referensi.

Pada Tugas Akhir ini antena yang digunakan sebagai antena referensi adalah antena dipole ?/2 yang diasumsikan mempunyai besar *gain* terhadap isotropis ± 2,14 dBi. Nilai tersebut merupakan hasil perhitungan secara teoritis. Metode yang digunakan dalam pengukuran ini disebut sebagai metode perbandingan dengan antena referensi dipole λ/2 yaitu menggunakan dua buah antena yaitu antena referensi dipole λ/2 yang sudah terlebih dahulu diketahui *gain*-nya dan antena yang akan diuji. Tempat pengukuran dilakukan di lapangan samping gedung E kampus IT Telkom.

4.2.4.1 Prosedur Pengukuran *Gain* Antena

Konfigurasi saat pengukuran digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.9 Konfigurasi Pengukuran *Gain*

Prosedur pengukuran *gain* antena adalah sebagai berikut :

1. Antena uji ditempatkan sebagai penerima yang ditempatkan pada tempat bebas interferensi atau level interferensi terendah. Arahkan pada sumbu utama pola pancarnya. Catat daya yang terbaca pada *Spectrum Analyzer* (dBm).

2. Ganti antena uji dengan antena *dipole ?/2* sebagai antena referensi. Catat daya yang terbaca pada *Spectrum Analyzer*.
3. Bandingkanlah kedua hasil, kemudian *gain* antena hasil pengukuran dihitung dengan formula :

$$G_{AUT(dBi)} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 2.14\,\text{dBi} \qquad \textbf{(4.11)}$$

dimana :

$G_{AUT(dbm)}$= *gain* antena yang diukur

$P_{AUT(dbm)}$ = level daya terima AUT

$P_{REF(dbm)}$ = level daya terima antena referensi

4.2.4.2 Hasil Pengukuran *Gain* Antena

Hasil pengukuran *gain* dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali pada tiga titik frekuensi agar hasil yang didapat lebih akurat.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran *Gain*

No	2300 MHz		2350 MHz		2400 MHz	
	AUT (dBm)	REF (dBm)	AUT (dBm)	REF (dBm)	AUT (dBm)	REF (dBm)
1	-44,33	-44,17	-41.83	-43.00	-44,00	-44,00
2	-44,33	-44,83	-41.50	-43.00	-44,17	-44,83
3	-45,17	-44,83	-41.83	-42.83	-45,00	-44,33
4	-45,00	-45,17	-41.50	-43.67	-44,17	-45,33
5	-45,00	-45,00	-41.83	-42.33	-44,50	-44,17
6	-44,17	-45,00	-41.50	-42.33	-44,17	-44,00
7	-44,00	-44,67	-41.83	-43.00	-44,00	-44,00
8	-44,33	-44,50	-42.00	-42.50	-43,50	-45,33
9	-44,67	-45,17	-42.50	-42.00	-43,67	-45,33
10	-44,00	-45,33	-42.33	-42.50	-43,83	-45,50
Rata-Rata	-44,48	-44,85	-41.85	-42.69	-44,08	-44,64
***Gain* (dBi)**	**2,51**		**2.98**		**2.7**	

Dari tabel diatas, diketahui bahwa *gain* Antena Coplanar Waveguide Inverted-F terbaik adalah 2, 98 dBi pada frekuensi 2350MHz.

4.2.4.3 Analisis Pengukuran *Gain*

Perbandingan *gain* antara pengukuran dan simulasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Perbandingan *Gain* Pengukuran dengan Simulasi

***Gain* Pengukuran**	***Gain* Simulasi**
2.98 dBi	2.76 dBi

Gain terbesar dhasilkan pada frekuensi tengah yaitu sebesar 2.98 dBi. Dengan demikian, dapat dikatakan besarnya *gain* antena telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

Akan tetapi, perlu diperhatikan juga bahwa polarisasi *antenna under test* (AUT) hasil pengukuran adalah elips. Sedangkan pada saat pengukuran gain digunakan pemancar antena yagi yang memiliki polarisasi linier vertical dan antena referensi berupa dipole ?/2 yang berpolarisasi linier vertikal juga. Dengan demikian, terjadi *polarization mismatch* atau *loss factor* akibat dari perbedaan polarisasi (*cross polarization*) antara pengirim dan penerima terhadap antenna AUT. Untuk itu, nilai gain terukur perlu dilakukan koreksi karena PLF (*Polarization Loss Factor*).

Dengan menggunakan metode *phytagoras* maka didapatkan resultan dari kedua vektor tersebut sebesar $6{,}849 \times 10^{-8}$watt atau -41,64 dBm. Nilai resultan inilah yang selanjutnya disebut sebagai P_{AUT} yang terkoreksi. Dengan mensubstitusikan nilai P_{AUT} yang terkoreksi ke persamaan 4.11, maka didapatkan gain sebesar 3,19. Nilai g*ain* tersebut lebih besar dari sebelumnya, karena polarisasi telah dikoreksi sehingga tidak terjadi kehilangan daya karena adanya perbedaan polarisasi antara antenna pemancar, AUT, dan antena referensi.