

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP SINGLE BAND DENGAN SUSUNAN EMPAT ELEMEN SLOT SEGITIGA PADA FREKUENSI 2.400 MHZ - 2.483 MHZ

Untung Priyono¹, Heroe Wijanto², Yuyu Wahyu³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Pada tugas akhir ini dirancang, direalisasikan, dan dilakukan pengukuran terhadap antenna mikrostrip segitiga dengan menggunakan metode susunan multiresonator pada frekuensi 2.4 GHz yang bekerja pada rentang frekuensi (2400 - 2483) MHz. sehingga bandwidth yang dibutuhkan pada tingkat RF sekitar 83 MHz. Metode susunan multiresonator telah terbukti dapat menambah bandwidth antenna mikrostrip. Hal ini dikarenakan salah satu cara untuk menambah bandwidth antenna mikrostrip adalah dengan menggunakan substrat yang semakin tebal dan permitivitas dielektrik yang kecil. Desain antenna mikrostrip ini menggunakan teknik pencatutan dengan metode electromagnetically coupled (EMC). Dengan menggunakan pencatutan EMC, radiasi yang tidak diinginkan menjadi lebih sedikit dan memiliki keuntungan menawarkan karakteristik wideband tanpa beberapa rangkaian matching. Software simulator yang digunakan adalah Ansoft HFSS 9.2.

Antena yang akan dirancang ditujukan untuk aplikasi W-LAN (Wireless- Local Area Network) yang mempunyai range wilayah frekuensi antara 2.400 MHz - 2.483,5 MHz. Antena ini juga bekerja dengan baik untuk aplikasi WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) pada range frekuensi antara 2.300 MHz - 2.390 MHz. Sedangkan untuk BWA (Broadband Wireless Access) bekerja pada range frekuensi 2.500 MHz - 2.520 MHz.

Kata Kunci : Antena Mikrostrip, W-LAN, WiMAX, BWA, stacked

Abstract

This final project single band microstrip antenna with array of triangle slot element (microstrip antenna is designed, implemented, and measurement using stacked multiresonator at frequency 2,4 GHz that operates at the range of 2400 MHz - 2483 MHz of frequency spectrum. So that bandwidth required at RF level is about 83 MHz. Stacked multiresonator method have been proven able to add bandwidth of antenna mikrostrip. One of way to add bandwidth of antenna mikrostrip is with using substrat which thick progressively and small dielectric constant. This microstrip antenna design using a feeding method which called electromagnetically coupled (EMC). By using EMC, the undesirable radiation become smaller and also offers wideband characteristic without some network matching. Ansoft HFSS 9.2 was used as the simulator software at this final project.

The antenna which support W-LAN (Wireless-Local Area Network) that defined the range of 2300 MHz - 2520 MHz frequency spectrum is designed. This antenna also good operates for WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) application at the range of 2300 MHz - 2390 MHz of frequency spectrum. Meanwhile the BWA (Broadband Wireless Access) operates at the range of 2500 MHz - 2520 MHz of frequency spectrum.

Keywords : Antena Mikrostrip, W-LAN, WiMAX, BWA, stacked

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Telekomunikasi adalah salah satu bidang yang memegang peranan penting di abad ini. Teknologi *wireless* dari hari ke hari telah mampu mengubah pola hidup manusia hampir diseluruh permukaan bumi. Seiring dengan perkembangan aktifitas manusia yang semakin *mobile* maka dituntut pula suatu pola komunikasi yang mudah dilakukan dimana saja. Berbagai teknologi sempat ditawarkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan layanan komunikasi bergerak. Teknologi *wireless* bisa dipastikan akan terus mengalami evolusi..

Antena sebagai bagian perangkat dalam komunikasi *mobile wireless*, fungsinya sungguh sangat diperlukan untuk transformator pada media udara. Untuk itu antena yang diimplementasikan pada komunikasi *mobile wireless* adalah antena yang memiliki *design compact*, berukuran kecil, bandwidth lebar serta dapat memenuhi frekuensi operasi dari sistem komunikasi *mobile wireless*. Antena yang akan dirancang memiliki aplikasi W-LAN (*Wireless-Local Area Network*). Berdasarkan standart 802.11 b & g, W-LAN mempunyai *range* wilayah frekuensi antara 2.400 MHz – 2.483,5 MHz. Antena ini juga diharapkan akan bekerja dengan baik untuk aplikasi WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) dan BWA (*Broadband Wireless Access*) 2,5 GHz. Untuk WiMAX bekerja pada *range* frekuensi antara 2.300 MHz – 2.390 MHz yang terbagi kedalam 6 kanal pita frekuensi. Sedangkan untuk BWA 2,5 GHz bekerja pada *range* frekuensi 2.500 MHz – 2.520 MHz dan 2.670 MHz – 2.690 MHz..

Situasi ini menjadikan banyak peneliti mengembangkan antena dengan gain tinggi dan mampu beroperasi pada standar IEEE 802.11 a/b/g. Antena dengan gain tinggi ini terutama digunakan perangkat *access point*. Dengan bahan microstrip yang *compact*, antena ini dapat digunakan lebih jauh untuk aplikasi yg lebih *mobile*. Misalnya penggunaan access point yang ditanam secara tetap pada ruang yang dipakai secara insidental (contohnya aula) merupakan sebuah pemborosan. Penggunaan *mobile access point* adalah salah satu solusinya. Penggunaan *Mobile access point* akan menaikkan *redundancy* sistem terhadap

ketersediaan jaringan WLAN. Pada akhirnya, permintaan akan antenna dengan kinerja baik semakin meningkat.

Antena mikrostrip adalah jenis antenna yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan diatas. Pada tugas akhir ini dikembangkan sebuah antenna mikrostrip dengan menggunakan *multiresonator*. Hal ini dikarenakan antenna mikrostrip memiliki bandwidth dan gain yang relatif kecil. Modifikasi pada antenna mikrostrip dengan menambahkan susunan *multiresonator* diharapkan akan meningkatkan nilai dari bandwidth dan gain dari antenna yang diaplikasikan untuk antenna mikrostrip *patch* segitiga dengan menggunakan bantuan software Ansoft HFSS 9 sebagai simulator. Desain antenna mikrostrip ini menggunakan metode *probe coaxial*. Selain itu nantinya juga dibuat *prototype*, agar dapat dilakukan pengukuran secara langsung sehingga dapat dibandingkan antara hasil simulasi dari bantuan software dengan hasil pengukuran di lapangan.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Merancang dan merealisasikan antenna yg memenuhi persyaratan dengan gain tinggi dan ekonomis dengan susbtrat FR4 untuk komunikasi *mobile wireless* WI-FI 2,4 GHz.
2. Membandingkan hasil pengukuran antenna tersebut dengan hasil simulasi sebelumnya.
3. Memahami prinsip kerja teknik pencatuan *probe coaxial* dalam mempengaruhi performansi dari antenna mikrostrip.
4. Menguji hasil rancangan antenna dengan simulasi Ansoft HFSS 9.2 untuk melihat parameter-parameter antenna yang dihasilkan kemudian merealisasikan.

1.3 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah :

- a. Bagaimana merancang antenna dengan bantuan perangkat lunak Ansoft Ensemble 7.
- b. Bagaimana efek dari perubahan dimensi elemen satuan antenna terhadap kinerja antenna.
- c. Bagaimana pengaruh dari teknik catu, titik catu, rangkaian penyesuai impedansi dan jarak elemen terhadap kinerja antenna susunan.
- d. Bagaimana merealisasikan antenna yang sudah dirancang sebelumnya.
- e. Bagaimana menganalisa parameter-parameter antenna yang dibutuhkan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dan direalisasikan sudah memenuhi syarat spesifikasi.
- f. Bagaimana perbandingan antara analisis penggunaan simulasi software dengan pengukuran langsung setelah *prototype*-nya dibuat

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya materi pembahasan Tugas Akhir ini, maka permasalahan pada tugas akhir ini dibatasi pada beberapa hal berikut :

- a. Pembuatan desain dan simulasi menggunakan bantuan software Ansoft HFSS 9.2.
- b. Menggunakan metode *Finite Element Method* (FEM) dalam simulasi dan proses perhitungan metode tersebut dilakukan dengan bantuan software Ansoft HFSS 9.2
- c. Jenis bahan *patch*, *groundplane* menggunakan bahan tembaga. Sedangkan bahan *substrate* menggunakan FR4-epoxy.
- d. Mode dominan adalah mode TM_{110} .
- e. Antena merupakan susunan elemen-elemen satuan untuk mendapatkan gain tinggi.
- f. Antena bekerja pada rentang frekuensi 2,4 GHz.
- g. Antena dicatu dengan satu buah titik catu menggunakan SMA connector.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini meliputi :

1. Studi Literatur

Proses pembelajaran teori-teori yang digunakan dan pengumpulan literatur-literatur berupa buku referensi, artikel-artikel, serta jurnal-jurnal untuk mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

2. Simulasi dan Perancangan

Proses perancangan antena menggunakan software Ansoft HFSS 9.2 untuk memudahkan dalam proses perhitungan dan mendapatkan ukuran yang ideal untuk antena tersebut. Setelah disimulasikan kemudian antena dirancang dalam bentuk *hardware*.

3. Pabrikasi

Proses pabrikasi dilakukan dengan pemotongan biasa tanpa *fototching*, dengan ukuran yang telah diperoleh dari hasil simulasi maupun perhitungan.

4. Pengukuran

Proses pengukuran dilakukan dua kali. pengukuran di dalam ruangan (*indoor*) menggunakan *Network Analyzer* untuk pengukuran VSWR, *bandwidth*, *return loss* serta impedansi dan pengukuran di luar ruangan (*outdoor*) untuk pengukuran pola radiasi, gain, dan polarisasi.

5. Analisis

Analisis dilakukan setelah proses perancangan, realisasi, dan pengukuran dilakukan. Analisis dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran dengan teori dan hasil simulasi. Setelah dibandingkan kemudian dianalisis untuk setiap penyimpangan yang terjadi, dan bagaimana cara mengatasi masalah tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini berisi uraian singkat mengenai latar belakang permasalahan, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian serta sistematika penulisan.

- **BAB II: LANDASAN TEORI**

Berisikan uraian dasar-dasar teori antena yang berkaitan dengan antena yang dirancang.

- **BAB III: PEMODELAN DAN SIMULASI**

Berisikan perancangan melalui simulasi dengan menggunakan software Ansoft HFSS 9.2 dan realisasi dari antena.

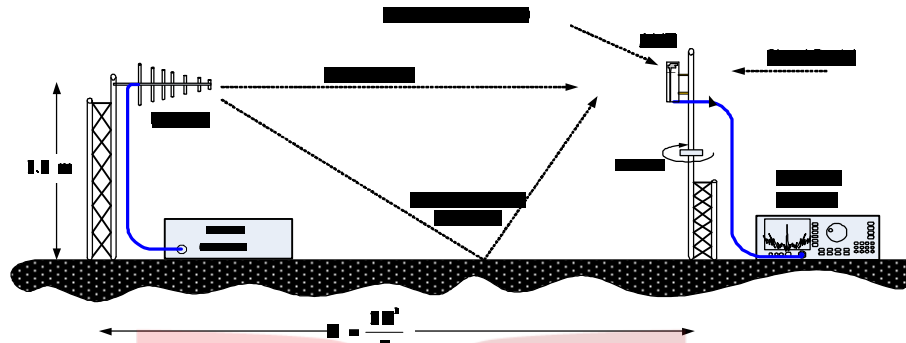
- **BAB IV: PENGUKURAN DAN ANALISIS**

Berisikan pengukuran Z_{in} , pengukuran VSWR, pengukuran pola radiasi, pengukuran polarisasi dan pengukuran *gain* berikut analisa dan komentar hasil pengukuran.

- **BAB V: PENUTUP**

Berisikan kesimpulan dan saran untuk perbaikan kinerja sistem antena direksional yang telah dibuat.

Telkom
University



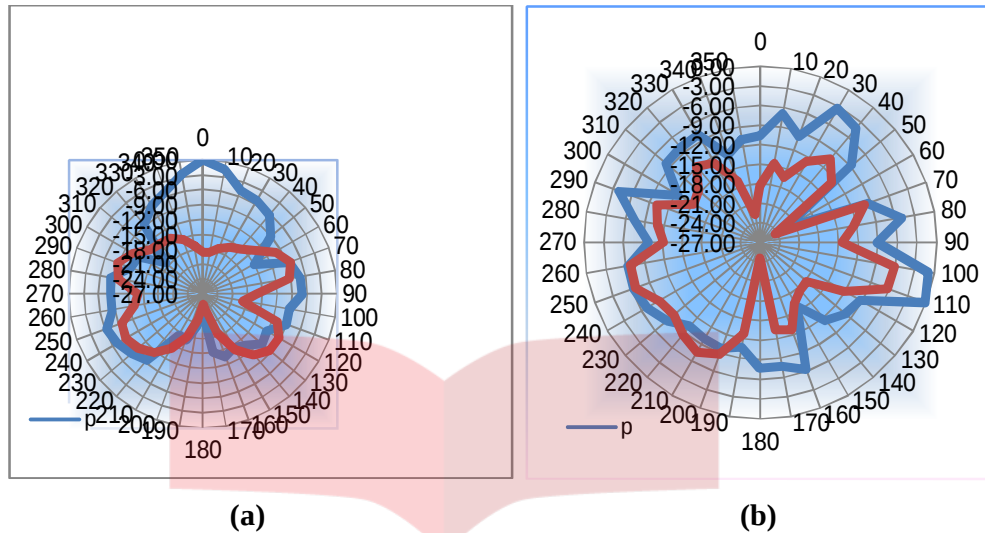
Gambar 4.7 Konfigurasi pengukuran pola radiasi

Langkah-langkah pengukuran:

1. Hubungkan antena pemancar Yagi Uda ke *sweep generator* dan Antenna Under Test (AUT) dihubungkan ke *spectrum analyzer*.
2. Pengukuran dilakukan di medan jauh antena.
3. AUT diputar secara azimuth atau elevasi per 10^0
4. Catat level terima yang terbaca pada *spectrum analyzer*.

Semakin kecil resolusi sudut pemutar, maka akan semakin terlihat pola radiasinya. Hasil pengukuran dicatat sebanyak dua kali dalam rentang waktu yang sama, tujuan dari ini adalah untuk mencari nilai rata-rata akibat dari fluktuasi level daya yang terus berubah-ubah akibat *multipath*. 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, ini dapat dilihat dalam skala nilai terbesar adalah 0 dB.

4.2.2.2 Hasil Pengukuran



Gambar 4.8 Perbandingan pola radiasi antara hasil simulasi dan pengukuran, (a). arah azimuth, (b). arah elevasi

4.2.2.3 Analisis Hasil Pengukuran

Dari hasil yang diperoleh terlihat perbedaan pola radiasi baik pada arah azimuth maupun elevasi antara hasil pengukuran dan simulasi, terutama pada bagian *mainlobe*. *Mainlobe* yang dihasilkan pada pengukuran lebih besar daripada hasil simulasi. Penyebab terjadinya penyimpangan:

1. Pada saat pengukuran pola radiasi dengan simulator, vektor medan yang datang hanya dari gelombang yang diinginkan saja yaitu dari antenna pemancar. Sedangkan pada saat pengukuran nyata, banyak sekali sinyal-sinyal yang tidak diinginkan. Misalnya pantulan dari benda-benda di sekitar tempat pengukuran ataupun sinyal-sinyal dari system lain.
2. Pada saat pengukuran dengan simulator, diasumsikan bahwa pengukuran dilakukan di ruang ideal tanpa adanya pantulan. Sedangkan pengukuran nyata dilakukan di ruangan terbuka yang tidak homogeny dan memungkinkan untuk terjadinya pantulan-pantulan sinyal.

3. Perubahan suhu udara juga turut mempengaruhi perilaku gelombang yang terpancar. Kondisi pada saat pengukuran dilakukan sedikit mendung.
4. Perangkat untuk pengukuran yang masih manual, yaitu pengarahan antenna secara manual, sehingga pengarahan yang masih kurang presisi.

4.2.3 Pengukuran Polarisasi

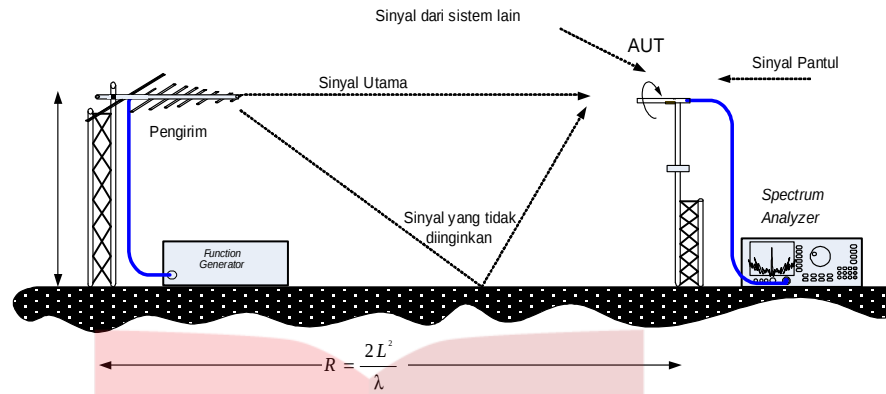
Polarisasi suatu antenna pada arah tertentu adalah sebagai jejak arah medan elektrik dari gelombang yang dipancarkan oleh antenna tersebut. Jika antenna sebagai penerima maka polarisasi antenna adalah jejak arah medan elektrik dari gelombang datang pada arah tertentu yang menghasilkan daya terima maksimum pada antenna. Ada tiga jenis polarisasi gelombang, yaitu Linear, Sirkular, Eliptis.

Pengukuran polarisasi antenna ini dilakukan di lapangan futsal Institut Teknologi Telkom Bandung dengan menggunakan *spectrum analyzer* merek *Hewlett Packard* tipe 8563E (30 Hz – 26.5 GHz) dan *sweep oscillator* merek *Hewlett Packard* 8350 B.

4.2.3.1 Prosedur Pengukuran

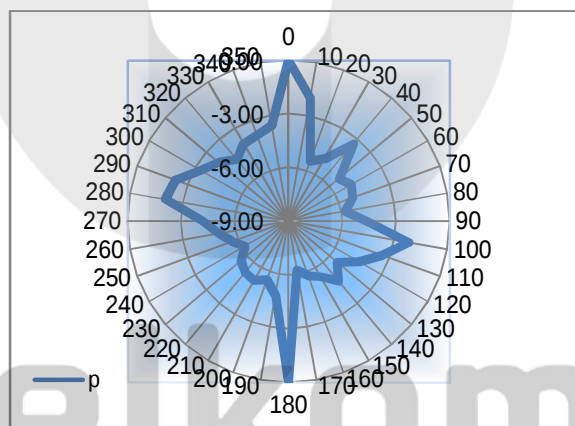
Prosedur pengukuran polarisasi adalah sebagai berikut:

1. Hubungkan antenna pemancar ke *sweep oscillator* dan *antenna Under test (AUT)* atau antenna penerima dihubungkan ke *spectrum analyzer*.
2. Atur jarak pengukuran untuk medan jauh.
3. Antena penerima diputar secara azimuth dan elevasi setiap 10^0 , hal ini dikarenakan tidak ada alat putar untuk pengukuran polarisasi.
4. Catat level daya terima pada *spectrum analyzer*, dimana hasil pengukuran dicatat sebanyak dua kali.



Gambar 4.9 Konfigurasi pengukuran polarisasi

4.2.3.2 Hasil Pengukuran



Gambar 4.10 Polarisasi hasil pengukuran

4.2.3.3 Analisis Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran didapatkan daya terima maksimum adalah pada sudut 0° dan daya terima minimum adalah pada sudut 320° .

Daya terima maksimum (sumbu mayor) = $-30.05 \text{ dBm} = 9.88 \times 10^{-7} \text{ watt}$

Daya terima minimum (sumbu minor) = $-36.5 \text{ dBm} = 2.239 \times 10^{-7} \text{ watt}$

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

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4.4)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4.5)$$

$$= 10 \quad (4.6)$$

$$= 10 \quad (4.7)$$

Maka,

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4.8)$$

Dengan persamaan di atas didapatkan harga E

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (4.9)$$

Maka rasio kuat medan elektrik (numerik) adalah sebagai berikut

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{377}{377}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{377}{377}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{377}{377}$$

$$= \frac{\sqrt{9.88 \times 10^{-3}}}{\sqrt{2.239 \times 10^{-3}}} \cdot \frac{377}{377}$$

$$= \frac{1.93 \times 10^{-1}}{9.18 \times 10^{-1}} = 2.1 > 1$$

$$()$$

$$= (10 \cdot 1.93 \times 10^{-1}) - (10 \cdot 9.18 \times 10^{-1})$$

$$= -1.714 + 2.037$$

$$= 0.323$$

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa antenna memiliki polarisasi elips.

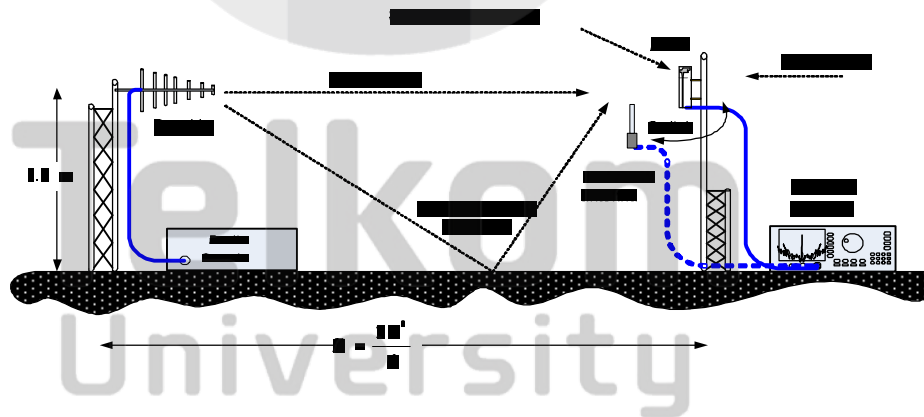
4.2.4 Pengukuran Gain

Gain antenna didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas radiasi maksimum suatu antenna (AUT) terhadap intensitas radiasi maksimum antenna referensi dengan daya input sama. Antena referensi yang baik adalah antenna isotropis yang mempunyai penguatan yang sama di setiap titik.

Metode yang digunakan dalam pengukuran *gain* ini disebut sebagai metode substitusi yang menggunakan dua buah antenna yaitu antenna referensi yang sudah terlebih dahulu diketahui *gain*-nya dan antenna yang akan diuji (AUT).

Pengukuran *gain* dilakukan lapangan futsal Institut Teknologi Telkom Bandung dengan menggunakan *spectrum analyzer* merek *Hewlett Packard* tipe 8563E (30 Hz – 26.5 GHz) dan *sweep oscillator* merek *Hewlett Packard* 8350 B.

4.2.4.1 Prosedur Pengukuran



Gambar 4.11 Konfigurasi pengukuran gain

Prosedur pengukuran gain antenna adalah sebagai berikut :

1. Antena uji ditempatkan sebagai penerima yang akan menerima daya pancaran dari pemancar. Arahkan pada sumbu utama pola pancarnya. Catat daya yang terbaca pada *spectrum analyzer* (dBm).
2. Ganti antena uji dengan antena *sleeve dipole* $\lambda/2$ sebagai antena referensi. Catat daya yang terbaca pada *spectrum analyzer*.
3. Bandingkanlah kedua hasil, kemudian *gain* antena hasil pengukuran dihitung dengan persamaan :

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

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

Pada proses pengukuran, pengambilan data dilakukan sebanyak sepuluh kali karena adanya fluktuasi di level daya penerimaan yang kemudian nantinya diambil rata-rata. Untuk pengambilan datanya dilakukan pada frekuensi tengah 2.441 GHz.. Hasil pengukuran *gain* dapat dilihat dari tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Tabel hasil pengukuran gain

Pengukuran Antena

	Referensi (Dipole Sleeve)			AUT		
	(-dBm)	dBm	Numerik	(-dBm)	dBm	Numerik
1	34.20	-	0.00	32.33	-32.33	0.00
2	34.17	-	0.00	30.67	-30.67	0.00
3	34.83	-	0.00	32.50	-32.50	0.00
4	34.33	-	0.00	30.80	-30.80	0.00
5	34.53	-	0.00	31.33	-31.33	0.00
6	34.83	-	0.00	30.17	-30.17	0.00

7	34.60	- 34.60	0.00	31.68	-31.68	0.00
8	35.17	- 35.17	0.00	30.33	-30.33	0.00
9	35.00	- 35.00	0.00	30.17	-30.17	0.00
10	34.84	- 34.84	0.00	32.12	-32.12	0.00
Rata		- 34.65	0.00		-31.21	0.00

Dari nilai-nilai diatas, didapat gain antenna mikrostrip:

$$\text{Gain} = P_{AUT(dBm)} - P_{REF(dBm)} + 2,14 \text{ dBi} = (-31,21) - (-34,649) + 2,14 = 5,58 \text{ dBi}.$$

4.2.4.3 Analisis Hasil Pengukuran

Salah satu kelemahan antenna mikrostrip adalah memiliki gain yang rendah untuk satu patch. Hal ini terlihat dari hasil pengukuran gain yang diperoleh. Dari hasil pengukuran gain yang terukur adalah 6.566 dBi, hasil ini memiliki selisih sebesar 0.5666 dBi dengan gain hasil simulasi yang bernilai 7.1326 dBi.

Perbedaan hasil yang didapatkan ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu pada proses pengukurannya menggunakan antenna *dipole sleeve* $\lambda/2$ sebagai antenna referensi dengan mengasumsikan bahwa pembanding *gain* antenna terhadap isotropis adalah 2.14 dB. Tetapi tentunya angka pembanding tersebut merupakan asumsi yang didapatkan dari proses perhitungan secara teoritis dan tidak mungkin di dunia ini ada antenna yang sama persis dengan keadaan teoritisnya. Selain itu kesalahan pembacaan level daya yang sangat mungkin terjadi akibat fluktuasi daya terima yang terukur di *spectrum analyzer* juga menjadi penyebab lain dari terjadinya perbedaan antara gain hasil simulasi dan pengukuran. Hal lain yang menyebabkan rendahnya gain yang diperoleh adalah karena substrat yang digunakan berupa udara yang memiliki permetivitas relatif kecil ($\epsilon_r=1$). Salah satu cara untuk meningkatkan *gain* antenna *microstrip single patch* adalah dengan menggunakan substrat yang memiliki permetivitas relatif besar.

Tabel 4.3 Perbandingan Spesifikasi Awal, Simulasi Ansoft dan Hasil Akhir Pengukuran

Parameter	Spesifikasi Awal	Simulasi Ansoft	Hasil Akhir Pengukuran	Keterangan
<i>Bandwidth</i> ($VSWR \leq 1.5$)	100 MHz	190 MHz	90 MHz	<i>BW</i> yang didapat (%) = 3.665 %
VSWR	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 2	Sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan
Impedansi pada f_c	50 Ω	56.44 Ω	71.787 Ω	Disebabkan dimensi antena yang kurang tepat
<i>Gain</i>	≥ 5 dBi	5.864 dBi	5.58 dBi	Sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan
Pola Radiasi	<i>Omni Directional</i>	<i>Omni Directional</i>	<i>Omni Directional</i>	Sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan
Polarisasi	Linear	Tidak Terdefinisi	Elips AR = 2.1	Disebabkan ruang pengukuran yang kurang mendukung

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh baik hasil simulasi maupun hasil pengukuran di lapangan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu;

1. Teknik *Electromagnetically Coupled* (EMC) terbukti dapat menambah bandwidth antenna mikrostrip. Hal ini dikarenakan hal-hal sebagai berikut;
 - Dengan teknik EMC maka memungkinkan untuk menambah tebal substrat dielektrik (dalam hal ini substrat yang digunakan adalah udara), karena salah satu cara untuk menambah bandwidth antenna mikrostrip adalah dengan menggunakan substrat yang semakin tebal dan permetivitas dielektrik yang kecil.
 - Dengan teknik EMC, *feeder* L-strip horizontal berfungsi sebagai komponen yang menghasilkan kapasitansi yang fungsinya adalah untuk mengimbangi induktansi yang dihasilkan oleh L-strip vertikal. Dalam pencatutan konvensional seperti probe *feed*, probe hanya menghasilkan induktansi yang dapat menurunkan unjuk kerja bandwidth.
2. Tidak diperlukan substat yang mahal untuk membuat antenna mikrostrip, karena FR4-Epoxy dan udara cukup baik untuk digunakan dalam pembuatan antenna mikrostrip.
3. Antena *microstrip* ini menghasilkan *bandwidth* yang cukup lebar, yaitu 90 MHz pada rentang frekuensi 2.410 MHz – 2.500 MHz dengan VSWR ≤ 2 pada pengukuran, sedangkan pada simulasi diperoleh *bandwidth* sebesar 195 MHz pada rentang frekuensi 2.345 MHz – 2540 MHz dengan VSWR ≤ 1.5 . persentase bandwidth yang didapat pada saat pengukuran adalah 3.665%. Sehingga antenna ini bersifat *wideband*, tidak seperti antenna *microstrip* pada umumnya, yaitu dengan persentasi *bandwidth* ≤ 1 %.

4. VSWR yang diperoleh pada pengukuran tidak lebih baik dari hasil simulasi, yaitu 1.525 pada frekuensi tengah 2.440 MHz. Sedangkan pada simulasi VSWR pada frekuensi tengah adalah 1.24. Hal ini terjadi karena dalam pabrikan terdapat celah antara patch dengan asluran transmisi-groundplane.
5. Nilai impedansi yang didapat pada frekuensi saat VSWR minimum yaitu 71.787Ω , yang menyebabkan transfer daya maksimum. Hal ini terjadi karena pemasangan pencatutan.
6. Pola radiasi yang didapatkan adalah omnidireksional.
7. Gain yang diperoleh dari hasil pengukuran adalah sekitar 5.58 dBi.
8. Bentuk polarisasi yang didapatkan adalah polarisasi elips.

5.2 SARAN

Banyak terjadi penyimpangan antara hasil simulasi dan pengukuran. Hal ini tidak dapat dielakkan dalam suatu proses perancangan dan pabrikan sebuah antenna. Agar pada pengukuran bisa mendapatkan hasil yang lebih baik, maka ada beberapa hal yang disarankan pada penelitian berikutnya.

1. Untuk mendapatkan gain yang lebih besar dari antenna yang diimplementasikan, antenna pada Tugas Akhir ini dapat dikembangkan bentuk atau jumlah patch.
2. Bahan pabrikan antenna dapat diganti dengan bahan lainnya, seperti aluminium ataupun barang bekas seperti wajan atau kaleng makanan.
3. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik hendaknya pengukuran dilakukan pada tempat yang memiliki variasi medan yang kecil, namun cukup sulit untuk menemukannya, sehingga hal tersebut dapat dijadikan sebagai topik tugas akhir tersendiri.
4. Dibutuhkan ketelitian yang sangat baik dalam proses pabrikan antenna *microstrip*, agar hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan spesifikasi awal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balanis, Constantine A. 1982, *Antenna Theory: Analysis and Design*, New York : Harper & Row Publisher Inc.
- [2] James, J.R. dan Hall, P.S., 1989, *Introduction (to Microstrip Antenna)*, Handbook of Microstrip Antennas, Peter Peregrinus Ltd., London.
- [3] Joo Seong Jeon, *Design of Wideband Patch Antennas for PCS and IMT-2000 Service, Technical Feature*.
- [4] K. F. Lee, K. Y. Ho, J. S. Dahele, *Cavity Model Theory Of The Circular-Disc Mikrostrip Antenna With An Air Gap*, IEEE Transaction on Antennas And Propagation.
- [5] Kumar, Girish dan Ray, K.P., 2003, *Broadband Microstrip Antennas*, London: Artech House Boston.
- [6] M.A., Nachwan, "Modul Antena dan Propagasi", STT Telkom, Bandung, 2001
- [7] Nurmindha, Riska, 2007, *Desain dan Realisasi Antena Mikrostrip dengan Patch Parasitik untuk Meningkatkan Gain*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [8] Ratnasari, Ineu, 2008, *Perancangan dan Implementasi Antena Mikrostrip Tempelan Lingkaran dengan Teknik Pencatuan Electromagnetically Coupled (EMC) pada Frekuensi (2,5-2,69) GHz*, Tugas Akhir, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Bandung.
- [9] Eldrina, Enzi, 2008, *Perancangan dan Implementasi Antena Mikrostrip Patch Antena Mikrostrip Segitiga Menggunakan Dielektrik Udara pada Frekuensi 3400 MHz – 3600 MHz*, Tugas Akhir, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Bandung.
- [10] Setiawan, Denny, 2006, *Penataan Frekuensi Radio Layanan Akses Pita Lebar Berbasis Nirkabel*, Jakarta: Tim Penataan Spektrum Frekuensi Radio Untuk Akses Nirkabel Berbasis Pita Lebar (Broadband Wireless Access / BWA).
- [11] Tim, 2006, Modul Praktikum Antena dan Propagasi S-1 Teknik Elektro, Laboratorium Antena. STT Telkom. Bandung.

- [12] Wibisono, Gunawan dan D.H., Gunadi, “WiMAX : Teknologi Broadband Wireless Access (BWA) Kini dan Masa Depan”, Bandung: Informatika Bandung, 2006.
- [13] Zehforoosh, Yashar. Ghobadi, Changiz. and Nourinia, Javad., 2006, *Antenna Design for Ultra Wideband Application Using a New Multilayer Structure*, Iran: Urmia University.

