

Perancangan Antena Cerdas Berbasis Susunan Antena Mikrostrip 2,3 GHz untuk Aplikasi Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)

Muhamad Komarudin¹, Adi Bayu Rusandi², Herlinawati¹, Sofiati Agustine¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung,

² Pusat Teknologi Modifikasi Cuaca, BPPT,

email: komar@unila.ac.id

Abstract

This paper introduces realization of the smart antenna using microstrip array with working frequency of 2.3 GHz. The antenna has the ability of beamforming so that it is appropriate to be used for Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) applications. The fabricated antenna was tested and the results show that the bandwidth of the antenna is 187 MHz with the spectrum frequency from 2303 to 2490 MHz. The antenna impedance and gain are 47,231 Ω and 7,19 dBi respectively which show that the antenna is within the predefine specifications.

Keywords: smart antenna, WiMAX, microstrip array, beamforming

Abstrak

Tulisan ini mengetengahkan tentang realisasi antena cerdas menggunakan susunan antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz dengan kemampuan pengarah berkas sehingga sesuai untuk aplikasi WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Hasil rancangan antena kemudian diuji dan diperoleh hasil pengukuran Bandwidth sebesar 187 MHz pada rentang frekuensi (2303 – 2490) MHz dengan impedansi 47,231 Ω dan Gain 7,19 dBi yang menunjukkan bahwa realisasi antena masih dalam rentang spesifikasi awal yang diinginkan.

Kata kunci: antena cerdas, WiMAX, susunan mikrostrip, pengarah berkas

A. Pendahuluan

Teknologi komunikasi nirkabel pita lebar atau *Broadband Wireless* telah berkembang sangat pesat seiring dengan kebutuhan pengguna akan kualitas sistem komunikasi yang berkecepatan tinggi, efisien, handal dan berkualitas [1]. *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX) merupakan teknologi yang ditunjukkan untuk mengatasi masalah yang terdapat pada jaringan nirkabel seperti rendahnya laju data dan keterbatasan jangkauan penyedia layanan. WiMAX, dikenal dengan standar 802.16 yang dikembangkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), dapat melakukan transfer data dengan kecepatan 70 Mbps dalam radius jarak 30-50 km untuk menyediakan layanan akses bagi ribuan pelanggan.

Teknologi nirkabel yang digunakan WiMAX juga memiliki masalah seperti *multipath fading*, interferensi, dan *noise*. *Fading* merupakan fluktuasi amplituda sinyal secara cepat dalam periode waktu tertentu yang disebabkan oleh diterimanya dua atau lebih sinyal yang sama oleh penerima, akibatnya

banyaknya lintasan sinyal (*multipath propagation*). Interferensi terjadi akibat penggunaan frekuensi yang sama atau hampir sama. Sedangkan *noise* (umumnya *Additive White Gaussian Noise/AWGN*) selalu terjadi pada sistem komunikasi apapun yang beroperasi diatas temperatur 0° K. Demikian pula dengan implementasi *access point* dilokasi rural yang menggunakan *tower* sederhana, memerlukan sistem antena yang handal untuk mengkompensasi gangguan struktur dan kemudahan instalasi lapangan. Untuk mengatasi masalah-masalah pada komunikasi nirkabel tersebut digunakan sistem antena cerdas.

Salah satu kemampuan antena cerdas adalah dapat melakukan pengarah berkas (*beamforming*) ke arah yang diinginkan tanpa merubah konstruksi antena yang digunakan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengkarakterisasi antena cerdas dengan menggunakan susunan antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz sebagaimana frekuensi yang dialokasikan untuk WiMAX di Indonesia sesuai dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No: 08/PER/M.KOMINFO/01/2009 [2].

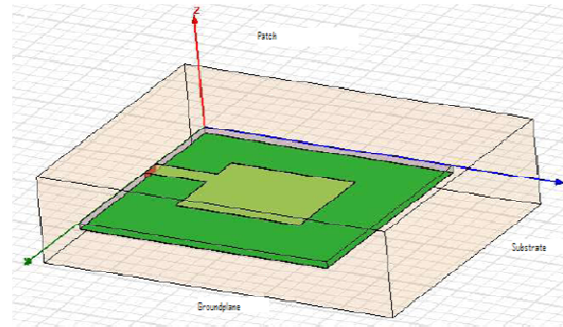
B. Tinjauan Pustaka

Antena cerdas merupakan sistem antena yang memiliki pengarah berkas untuk memfokuskan sinyal ke arah yang diinginkan sehingga dapat meningkatkan kapasitas, kualitas dan cakupan jaringan [3]. Pengarahan berkas merupakan teknik untuk membuat pola radiasi sedemikian pada antena sehingga didapatkan *gain* maksimum pada target yang ditentukan. Dengan demikian akan didapatkan parameter *signal to interference plus noise to ratio* (SINR) yang besar pada target tersebut. Teknik ini juga dapat digunakan untuk mencari lokasi suatu *mobile station*.

Antena cerdas dapat direalisasikan dengan menggunakan susunan mikrostrip yang memiliki keunggulan antara lain ringan dan ukurannya kecil, mudah difabrikasi dan secara mekanik kokoh sehingga jenis antena ini telah banyak diterapkan pada berbagai sistem komunikasi antara lain: radar, sensor, satellite, radio frequency identifications (RFIDs) dan nirkabel [4]. Konstruksi antena mikrostrip biasanya tersusun atas *patch*, *substrate* dan *groundplane* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah. *Conducting patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara, terletak paling atas dari keseluruhan sistem antena. *Patch* terbuat dari bahan konduktor, misalnya tembaga. Bentuk *patch* bisa bermacam-macam, lingkaran, *rectangular* (persegi), segitiga, ataupun bentuk annular ring. *Substrate dielektrik*, berfungsi sebagai media penyalur Gelombang Elektro Magnetik (GEM) dari catuan menuju daerah dibawah *patch*. *Substrate* sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antena. Pada antena mikrostrip *rectangular*, semakin tinggi besar permitivitas relatif maka ukuran *conducting patch* akan semakin besar dan sebagai akibatnya akan memperkecil daerah radiasi. Pengaruh ketebalan *substrate dielektrik* terhadap parameter antena adalah pada *bandwidth*. Semakin tebal *substrate* dan semakin kecil permitivitas relatif maka akan memperbesar *bandwidth*. *Groundplane* berfungsi sebagai *reflektor* yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. *Groundplane* antena mikrostrip biasanya terbuat dari bahan konduktor.

Untuk menganalisa antena mikrostrip dapat digunakan Model Saluran Transmisi yang merepresentasikan antena mikrostrip sebagai *slot* yang lebarnya W dan tingginya h , dipisahkan oleh saluran transmisi yang panjangnya L . Konstanta *dielektrik* efektif ($\epsilon_r, \epsilon_{eff}$) harus digunakan untuk menghitung perambatan gelombang pada saluran. Nilai ($\epsilon_r, \epsilon_{eff}$) sedikit lebih kecil dari pada ϵ_r , karena medan di sekitar batas luar *patch* tidak semuanya di dalam *substrate dielektrik* tetapi ada udara. Nilai ($\epsilon_r, \epsilon_{eff}$) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\epsilon_{r,eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$



Gambar 1 Konstruksi Antena Mikrostrip

Sedangkan panjang *patch* antena dapat didekati dengan rumus berikut:

$$L \approx 0,49 \lambda_{med} = 0,49 \frac{\lambda}{\epsilon_r} \quad (2)$$

Bandwidth dihitung perbandingan antara frekuensi *upper* (f_u) dikurangi dengan frekuensi *lower* (f_l) dengan frekuensi *center* (f_c) sebagaimana ditunjukkan oleh (3). *Bandwidth* antena mikrostrip bersifat *narrow band* yang mana $BW < 1\%$ dari frekuensi tengah:

$$BW = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (3)$$

Gain suatu antena merupakan perbandingan antara intensitas radiasi maksimum antena terhadap intensitas radiasi maksimum dari suatu antena referensi dengan daya masuk yang sama. *Gain* antena merupakan parameter yang penting dalam suatu perancangan antena. Besarnya penguatan bergantung pada harga *direktivitas* dan *efisiensi* antena menurut hubungan (4) yang mana η adalah faktor efisiensi antena ($0 \leq \eta \leq 1$).

$$G = \eta \cdot D \quad (4)$$

VSWR adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum pada suatu gelombang berdiri akibatnya adanya pantulan gelombang yang disebabkan tidak *matching*-nya impedansi input antena dengan saluran *feeder*.

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |\Gamma(z)|}{1 - |\Gamma(z)|} \quad (5)$$

dimana $\Gamma(z)$ adalah koefisien refleksi

Dengan $0 \leq |\Gamma(z)| \leq 1$, sehingga nilai VSWR adalah $1 \leq VSWR \leq \infty$.

C. Metode Penelitian

Perancangan antenna mikrostrip ini dimulai dengan penentuan dimensi dan konfigurasi strip-strip yang akan difabrikasi. Konfigurasi antenna yang dirancang berbentuk empat persegi panjang yang didasarkan pada model [5] dengan memodifikasi dimensi strip. Modifikasi dimensi diperlukan karena model tersebut bekerja pada frekuensi kerja 2,4-3,2 GHz sedangkan antenna yang dirancang ditargetkan bekerja pada frekuensi 2,3 GHz. Adapun spesifikasi lengkap antenna yang dirancang dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Spesifikasi antenna yang dirancang

Frekuensi kerja	2300 – 2390 MHz
Bandwidth	≥ 90 MHz
Impedansi	50 Ω
Pola radiasi	Unidirectional
VSWR	≤ 2
Polarisasi	Linier
Gain	≥ 6 dBi

Antena mikrostrip yang akan dirancang menggunakan material tembaga untuk *patch*, *groundplane*, dan *microstrip line* yang memiliki Permittivitas relatif ϵ_r dan Permeabilitas relatif $\mu_r \approx 1$ dengan ketebalan 1 mm. Substrate antenna menggunakan bahan FR-4 Epoxy yang memiliki Permittivitas relatif ϵ_r 4,4, Permeabilitas relatif $\mu_r \approx 1$ dan ketebalan 1,548 mm. Dengan memasukan nilai-nilai $f = 2,3495$ GHz, $h = 1$ mm, $\epsilon_r = 1$, $\mu_r = 0,99991$, kedalam Persamaan (1), diperoleh nilai *patch*(ϵ_r, eff) antenna sebesar 43.88 mm. Dimensi fisik antenna diperoleh dari Persamaan (2) dengan memasukkan nilai *patch*(ϵ_r, eff) dan melalui beberapa kali iterasi sehingga diperoleh $L = 42.50$ mm.

Secara ideal, *groundplane* yang digunakan memiliki luas dan tebal yang tidak terhingga (*infinite groundplane*). Dimensi minimum *groundplane* yang dibutuhkan untuk mendekati kondisi tidak terhingga diberikan melalui persamaan berikut:

$$Ag \geq 6h + d \quad (6)$$

yang mana Ag merupakan kondisi pendekatan *infinite groundplane* dan $d = 2 \times (\epsilon_r, eff)$ sehingga diperoleh besar Ag 97.36 mm. Untuk kepraktisan analisis dan fabrikasi, nilai Ag dibulatkan menjadi 100x100 mm.

Substrat epoxy FR4 memiliki *groundplane*, *substrate*, dan *patch* antenna yang saling menempel satu sama lain sehingga posisi *feeder* dan *patch* menyatu terhadap *groundplane*. *Microstrip Line* berfungsi sebagai saluran mikrostrip yang menghubungkan catuan berupa konektor 50 Ohm dengan *feeder L-strip*. Sedangkan *feeder L-strip*

berfungsi sebagai komponen yang menyebabkan kondisi *match* antara saluran dan antenna, sehingga tidak diperlukan komponen tambahan untuk penyepadaan. Bentuk *L-strip* dipilih dalam perancangan antenna ini. Untuk ukuran panjang, lebar ataupun tinggi dari *L-strip* dan *microstrip line* ini, peneliti langsung mensimulasikannya pada perangkat lunak simulator HFSS dari Ansoft dengan memasukkan parameter-parameter di atas hingga diperoleh dimensi yang sesuai untuk spesifikasi yang telah ditentukan dalam Tabel 1 di atas. HFSS menggunakan Metode Elemen Hingga dalam memecahkan persoalan gelombang elektromagnetik yang mana antenna termasuk di dalamnya.

Setelah diperoleh dimensi yang sesuai maka dilakukan fabrikasi antenna untuk selanjutnya diuji apakah antenna yang difabrikasi sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan atau belum. Jika belum maka proses simulasi diulangi dengan mengubah parameter dan asumsi-asumsi berdasarkan data empiris hasil pengukuran antenna yang telah difabrikasi.

D. Hasil dan Pembahasan

Antena yang telah difabrikasi berdasarkan dimensi hasil simulasi dengan perangkat lunak HFSS ditunjukkan pada Gambar 2. Antena tersebut kemudian diukur dimensinya dan dibandingkan dengan simulasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat bahwa terjadi perbedaan dimensi antara hasil simulasi dan hasil realisasi (fabrikasi). Hal ini dikarenakan ketidakpresisian pada proses pemindahan film dan proses penghilangan bagian-bagian yang tidak diinginkan secara kimiawi (*proses etching*). Setelah dilakukan pengukuran dimensi maka dilanjutkan dengan pengukuran parameter antenna untuk mengetahui karakteristik antenna yang telah dibuat untuk kemudian dijadikan bahan perbandingan dengan hasil perhitungan secara teori dan hasil simulasi. Hasil pengukuran antenna juga akan digunakan sebagai tolak ukur kelayakan antenna yang dirancang terhadap spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya kemudian akan dilakukan analisis atas penyimpangan yang terjadi.

Pengukuran VSWR, Bandwidth, Impedansi dan Return Loss Antena

Hasil Pengukuran dengan VSWR menunjukkan bahwa $VSWR \leq 1,5$, nilai frekuensi bawah (f_l) adalah 2303 MHz sedangkan nilai frekuensi atas (f_u) adalah 2490 MHz. Sehingga bandwidth diperoleh dengan menggunakan rumus

$$BW = f_u - f_l$$

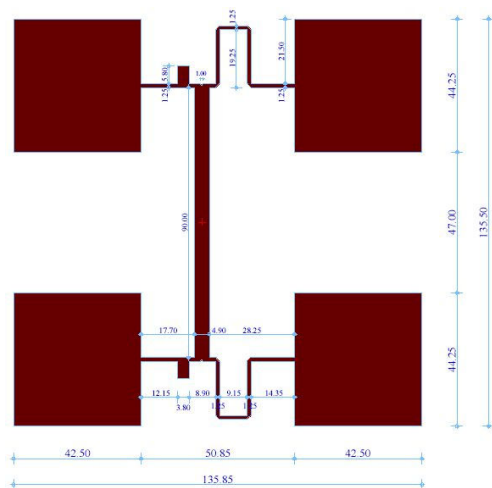
Dalam Bentuk persentase :

$$\begin{aligned} BW &= \frac{f_u - f_l}{f_c} * 100\% \\ &= \frac{(2490 - 2303)MHz}{2414MHz} * 100\% \\ &= 7,75\% \end{aligned}$$

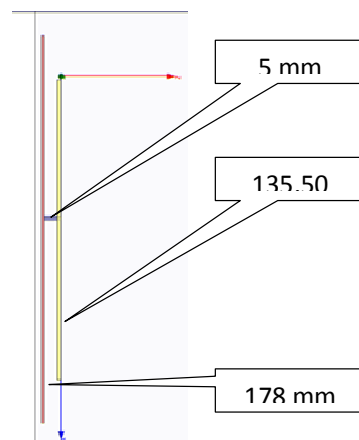
Untuk rentang frekuensi yang diinginkan, pada frekuensi 2,3 GHz VSWR yang terukur adalah 1,584; frekuensi 2,395 GHz, VSWR yang terukur adalah 1,188; dan untuk frekuensi 2,49 GHz, VSWR yang terukur adalah 1,315. Sedangkan nilai impedansi yang terukur pada frekuensi atas 2,395

GHz adalah 47,231Ωdengan nilai induktansi= 687,770 pH.

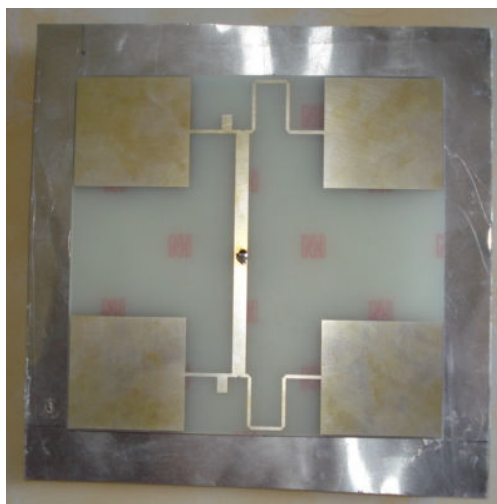
Nilai *return loss* terukur pada frekuensi 2,395 GHz adalah -20,193. Nilai koefisien pantul (Γ) = 0,097, dengan mensubstitusikan nilai Γ kedalam Persamaan (5) didapatkan nilai VSWR = $1,21 \leq 1,5$. Dari hasil pengukuran diatas, *bandwidth* yang terukur adalah 187 MHz dengan rentang frekuensi kerja 2303 MHz sampai 2490 MHz. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa antenna masih mampu bekerja pada frekuensi yang diinginkan yaitu dari frekuensi 2303 MHz sampai 2490 MHz. Dari hasil tersebut maka antenna ini mampu beroperasi untuk sistem komunikasi *fixed wireless* yang kita inginkan WIMAX yaitu 2,3 GHz. VSWR $\leq 1,5$ memberikan daya pantul sebesar 4 % dan daya yang ditransmisikan sebesar 96 %.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2 Antena (a) dimensi Antena tampak atas untuk difabrikasi (b) tampak samping (c) hasil realisasi tampak atas (d) hasil realisasi tampak samping

Tabel 2. Perbandingan Dimensi Antena Hasil Simulasi dan Pengukuran

Komponen	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
H (<i>Air Gap</i>)	5 mm	5,20 mm
h1	1 mm	1,10 mm
h2	1,5 mm	1,60 mm
<i>L-strip</i> vertical	42,5 mm	42,0 mm
<i>L-strip</i> horizontal	44,25 mm	44,0 mm
Mikrostrip <i>feed line</i>	90 mm	90 mm
<i>Groudplane</i>	100 mm	99,9 mm

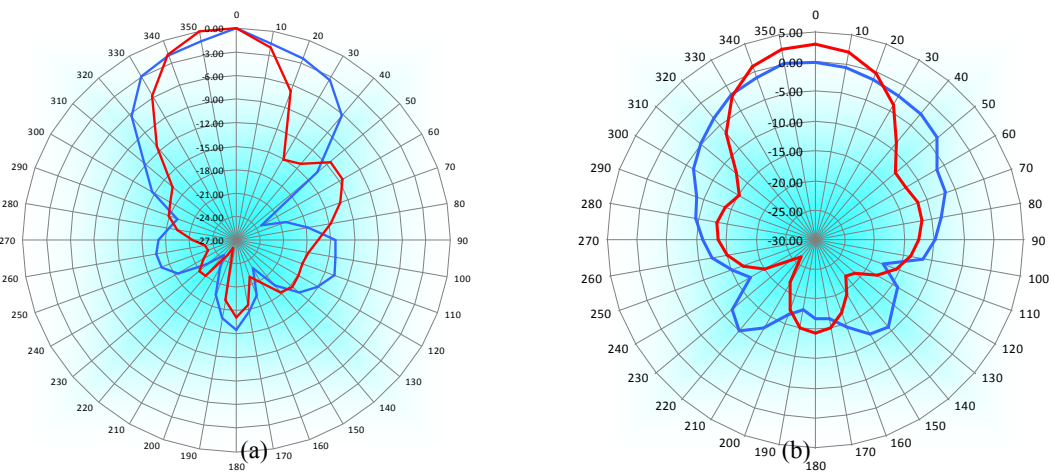
Dari Gambar 3 terlihat bahwa terjadi perbedaan nilai hasil simulasi dan pengukuran. Perbedaan nilai VSWR ini berhubungan dengan impedansi, dimana impedansi yang diperoleh tidak sama dengan 50 Ω . Perbedaan harga VSWR di beberapa titik pada gambar 4.6 bisa disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adalah komponen penyempadan, dalam hal ini *feeder* L-strip yang ukurannya kurang tepat. Penyebab lainnya adalah konektor SMA yang nilai impedansinya sudah turun, ataupun karena ketidaktekelitian pembuatan antena.

Impedansi antena diukur pada titik catuan antena. Nilai impedansi ini erat kaitannya dengan pantulan dan transfer daya maksimum. Dari pengukuran diperoleh impedansi antena pada frekuensi 2,395 GHz sebesar 47,231 Ω , hal ini sesuai dengan kondisi SWR dan *return loss* yang cukup besar. Nilai *return loss* yang terukur pada frekuensi 2,395 GHz adalah -20,193dB. Setelah dilakukan perhitungan nilai VSWR yang didapatkan adalah 1.210. Data ini sesuai dengan konsep hubungan impedansi dengan SWR, yaitu jika impedansi diperoleh tepat 50 Ω maka SWR akan sangat kecil yaitu sekitar 1,00. Artinya

pantulan sangat kecil sekali terjadi, dengan kata lain $\tau = 0$, maka $Z_{\text{saluran}} = Z_{\text{antena}}$. Maka untuk nilai frekuensi dengan nilai mendekati satu maka impedansi yang terukur akan mendekati nilai 50 Ω karena saluran transmisi yang dalam hal ini impedansi koaksial alat ukur adalah standar 50 Ω .

Pengukuran Pola Radiasi dan Arah Azimuth

Perbandingan pola radiasi dan arah azimuth antara simulasi (garis warna merah) dan pengukuran (garis warna biru) diperlihatkan pada Gambar 3. Dari hasil yang diperoleh terlihat perbedaan pola radiasi baik pada arah azimuth maupun elevasi antara hasil pengukuran dan simulasi. Namun jenis pola radiasi hasil pengukuran sesuai dengan yang diinginkan yaitu pola radiasi unidireksional dimana pola radiasi terkuatnya diarahkan ke satu arah. Pada *mainlobe* arah elevasi, HPBW yang diperoleh adalah 59° dan FNBW yang diperoleh adalah 130°. Sedangkan pada arah azimuth, HPBW yang diperoleh adalah 85° dan FNBW yang diperoleh adalah 230°.



Gambar 3 Perbandingan Pola Radiasi (a) dan Arah Azimuth (b) antara Hasil Simulasi (garis warna merah) Pengukuran (garis warna biru), Arah Elevasi

Tabel 3. Perbandingan Spesifikasi Awal, Simulasi Ansoft dan Hasil Akhir Pengukuran

Parameter	Spesifikasi Awal	Simulasi Ansoft	Hasil Akhir Pengukuran	Keterangan
<i>Bandwidth</i> ($VSWR \leq 1,5$)	90 MHz	270 MHz	187 MHz	BW yang didapat (%) = 7,75%
$VSWR$	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$	Sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan
Impedansi pada f_c saat $VSWR$ minimum	50 Ω	Tidak terdefinisi	47,231 Ω +j10,349 Ω nilai induktansi = 687,770 pH	Disebabkan ukuran komponen penyepadan L-strip yang kurang tepat
<i>Gain</i>	≥ 6 dBi	8,4151 dBi	8,52 dBi	<i>Gain</i> yang terukur pada frekuensi saat nilai $VSWR$ minimum
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>	<i>Unidirectional</i>	Sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan
Polarisasi	Linier	Linier AR=119,81	Ellips AR = 5,237	Disebabkan ruang pengukuran yang kurang mendukung yang mengakibatkan banyaknya sinyal penginterferensi

Beberapa hal yang menyebabkan penyimpangan ini diantaranya yaitu pada simulasi, vektor medan yang datang hanya dari gelombang yang diinginkan saja dan diasumsikan pembentukan pola pancarnya berada di suatu ruangan ideal tanpa adanya pantulan dan sumber lain. Sedangkan pada pengukuran yang dilakukan, kondisinya ada terlalu banyak sinyal-sinyal yang tidak diinginkan, misalnya dari pantulan-pantulan sinyal yang mengenai benda disekitar akibat oleh ketidakhomogenan tempat pengukuran ataupun gelombang dari sistem lain yang tertangkap seperti misalnya sinyal dari BTS disekitar tempat pengukuran. Perubahan suhu udara juga turut mempengaruhi perilaku gelombang yang terpancar, akibatnya pada sisi penerima terjadi variasi medan yang cukup besar jika dibandingkan toleransi yang diperbolehkan. Adapun hasil pengukuran selengkapannya dirangkum pada Tabel 3 yang memperlihatkan bahwa antenna yang dirancang telah memenuhi spesifikasi awal yang diinginkan.

E. Kesimpulan

Perancangan antenna cerdas dengan pengarah berkas yang bekerja pada frekuensi kerja 2,3 GHz telah berhasil direalisasikan yang mana tidak ada perbedaan yang signifikan antara spesifikasi awal dan hasil pengukuran.

Bandwidth yang diperoleh pada $SWR \leq 2$ adalah sebesar 187 MHz pada rentang frekuensi (2303 – 2490) MHz, hal ini sesuai dengan spesifikasi awal antenna yang membutuhkan *bandwidth* sebesar 90 MHz pada rentang frekuensi (2303 – 2390) MHz. Impendansi yang diperoleh adalah 47,231 Ω , padahal agar terjadi *matching* impedansi yang dibutuhkan adalah 50 Ω . *Gain* yang diperoleh adalah 7,19 dBi.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Lampung yang membiayai sebagian penelitian ini melalui DIPA PNPB

Daftar Pustaka

- [1] Nishamol, 2010] Nishamol, M.S., Sarin, V.P., Tony, D., Aanandan, C.K., Mohanan, P., Vasudevan, K., 2010, A Broadband Microstrip Antenna for IEEE802.11.A/WiMAX/HIPERLAN2 Applications, *Progress In Electromagnetics Research Letters*, Vol. 19., pp. 155-161
- [2] _____, 2009, Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No: 08/PER/M.KOMINFO/01/2009, Tentang Penetapan Pita Frekuensi Radio Untuk Keperluan Layanan Pita Lebar Nirkabel

- (Wireless Broadband) Pada Pita
Frekuensi Radio 2,3 GHz.
- [3] Feuerstein, M. 2002. "*The Evolution of Smart Antenna to 3G*", Metawave CDG. TechnologyForum
- [4] Nasimuddin, 2011, Microstrip Antennas, InTech Open Access Publisher, Croatia.
- [5] Kumar, G., Ray, K.P., 2003, Broadband Microstrip Antennas, Artech House, Massachusetts, United States of America