

PERANCANGAN ANTENA MIKROSTRIP *CIRCULAR PATCH* UNTUK WIFI MENGGUNAKAN *CHARACTERISTIC MODE ANALYSIS (CMA)*

Liya Yusrina Sabila^{*}), Teguh Prakoso, dan Aghus Sofwan

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang
Jln. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*}E-mail:sabila.rina@gmail.com

Abstrak

Wi-Fi (Wireless Fidelity) merupakan sebuah teknologi yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data secara nirkabel. Dalam sistem komunikasi *wireless* bagian terpenting untuk mengoptimalkan kinerjanya adalah antenna. Mikrostrip adalah salah satu jenis antenna yang praktis mempunyai ukuran dan dimensi yang sederhana dan mudah difabrikasi. Pada penelitian ini dibahas bagaimana desain dan analisa antenna mikrostrip dengan bentuk *patch* sirkular dengan spesifikasi frekuensi kerja 2,400 – 2,484 GHz menggunakan substrat FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm dan $\epsilon_r = 4,3$. Teknik pencatutan yang digunakan adalah dengan teknik *microstrip line feed*. Perancangan dan simulasi antenna mikrostrip dilakukan menggunakan software *CST Studio Suite 2016*. Antena yang dirancang juga dianalisa menggunakan *Characteristic Mode Analysis (CMA)*. Hasil yang ditampilkan berupa grafik mode-mode arus pada modal significance. Dihilangkan sebanyak dua mode yang berhimpit untuk desain *patch* A pada frekuensi 3081 MHz dan terjadi perubahan untuk desain *patch* B, dimana kedua mode berpisah dan bergeser, mode 1 bergeser ke frekuensi 2406 MHz sedangkan mode 2 bergeser ke frekuensi 1889 MHz. Dari antenna mikrostrip yang telah difabrikasi dilakukan pengukuran beberapa nilai parameter yaitu, S_{11} sebesar -21,13 dB, VSWR 1:1,19, rentang frekuensi 2,37 – 2,54 GHz, pola radiasi *directional* dan *gain* sebesar 2,15 dBi.

Kata kunci: Wi-Fi, antenna mikrostrip, characteristic mode analysis

Abstract

Wi-Fi (Wireless Fidelity) is a technology that utilizes electronic equipment to exchange data wirelessly. In wireless communication system the most important part to optimize its performance is the antenna. Microstrip is one type of antenna that has practical size and dimensions are simple and easy to fabricate. This study discussed how to design and analyze microstrip antenna with circular patch form with working frequency specification 2.400 – 2.484 GHz using FR-4 substrate with thickness 1.6 mm and $\epsilon_r = 4.3$. The technique of unification used is by microstrip line feed technique. The design and simulation of microstrip antenna is done using *CST Studio Suite 2016* software. The designed antennas are also analyzed using *Characteristic Mode Analysis (CMA)*. The results are graphs of current modes on modal significance. Generated as many as two modes coincide for the patch A design at a frequency of 3081 MHz and a change occurs for the patch B design, where both modes separate and shift, mode 1 shifts to a frequency of 2406 MHz while mode 2 shifts to a frequency of 1889 MHz. From the microstrip antenna that has been fabricated, the measurement of some parameter values is S_{11} -21.13 dB, VSWR 1: 1.19, frequency range 2.37 – 2.54 GHz, directional radiation pattern and gain of 2.15 dBi.

Keywords: Wi-Fi, microstrip antenna, characteristic mode analysis

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini sudah begitu pesat. Salah satunya di bidang telekomunikasi. Sistem telekomunikasi yang sering digunakan saat ini yaitu sistem komunikasi nirkabel. Komunikasi nirkabel merupakan komunikasi yang dapat dilakukan tanpa harus terkoneksi dengan kabel. Komunikasi nirkabel saat ini telah banyak dimanfaatkan, contohnya adalah *Wi-Fi*. Sebuah *Wi-Fi* dapat menghubungkan perangkat seperti

komputer pribadi, ponsel pintar atau pemutar audio digital dalam jangkauan jaringan nirkabel ke internet [1]. Dalam sistem komunikasi yang menggunakan gelombang radio seperti *Wi-Fi* bagian terpenting untuk mengoptimalkan kinerjanya adalah antenna [2].

Antena merupakan komponen yang sangat penting pada sistem komunikasi. Semakin berkembangnya komunikasi nirkabel, kebutuhan antenna semakin bertambah. Salah satu antenna yang dapat diterapkan adalah antenna

mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki konfigurasi yang paling sederhana, terdiri dari sebuah *patch* pada satu sisi *substrate* dielektrik dan memiliki bidang *ground* di sisi lainnya.

Antena yang dirancang juga dapat dianalisis mengenai modal arus dari struktur peradiasi antena menggunakan teori *Characteristic Mode Analysis* (CMA). Dari penelitian sebelumnya [3], teori *Characteristic Mode Analysis* (CMA) digunakan untuk mengetahui modal arus yang terjadi pada struktur peradiasi yang dirancang melalui grafik *eigenvalue*, *modal significance* dan *characteristic angle* pada antena.

Pada perancangan selanjutnya, akan dibuat antena mikrostrip berbentuk *circular patch* dengan penambahan slot di bagian bawah *patch*. Antena ini akan dibuat dengan bahan FR-4 dengan konstanta dielektrik 4,3 sebagai bahan *substrate*, sedangkan *copper* sebagai bahan *patch* dan *ground*. Antena Wi-Fi ini dirancang memiliki rentang frekuensi 2,400 -2,484 GHz.

2. Metode

2.1. Pemodelan Menggunakan Characteristic Mode Analysis

Pada teori *Characteristic Mode Analysis* (CMA) menjelaskan adanya medan listrik (E) yang menghantam badan penghantar pada permukaan (S), sehingga dapat menyebabkan arus (J) di atas permukaannya. Arus yang ada dipermukaan ini selanjutnya akan menghasilkan medan yang tersebar sehingga rumus CMA dapat didefinisikan sebagai hubungan arus J pada permukaan S bahan penghantar dengan medan listrik tangensial E^i . [4]

$$[L(J)]_{tan} - E^i_{tan} = 0 \quad (1)$$

Arus yang terinduksi pada badan penghantar dapat ditulis sebagai superposisi total arus karakteristik. [5]

$$J = \sum_n \alpha_n J_n \quad (2)$$

$$\alpha_n = \frac{V_n^i}{1+j\lambda_n} \quad (3)$$

J_n adalah arus *eigen*, λ_n adalah nilai *eigen* dan V_n^i adalah koefisien eksitasi modal. Total arus juga bergantung pada λ_n . Mode yang meresonansi adalah ketika $\lambda_n = 0$ dimana pada kondisi tersebut nilai *modal significance* berada pada nilai maksimum ($MS_n = 1$). [5]

2.2. Perancangan Desain Circular Patch

2.2.1. Spesifikasi

Spesifikasi antena menjadi bagian yang penting dalam proses perancangannya. Antena yang akan dibuat adalah antena mikrostrip *narrowband* menggunakan slot di bagian bawah tepi lingkaran dengan spesifikasi:

- Rentang frekuensi : 2,400 - 2,484 GHz
- S_{11} : ≤ -10 dB
- VSWR : ≤ 2
- Gain : ≥ 2 dBi
- Pola radiasi : *directional*

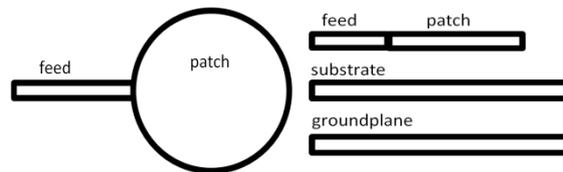
2.2.2. Dimensi Patch

Konfigurasi peradiasi *circular patch* hanya terdiri dari parameter jari-jari *patch*. Perhitungan jari-jari *patch* menggunakan persamaan (4) [6]:

$$a = \frac{F}{\{1 + \frac{2h}{\pi a \epsilon_r} (\ln \frac{\pi F}{2h} + 1.7726)\}^{0.5}} \quad (4)$$

Nilai dari a didapatkan dengan menggunakan persamaan (5) [6]:

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{fr\sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$



Gambar 1. Antena Mikrostrip *Circular Patch*

2.2.3. Dimensi Saluran Pencatu

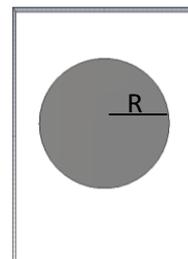
Adapun rumus untuk menghitung lebar saluran mikrostrip diberikan oleh persamaan (6) dan (7) [7].

$$B = \frac{377 \pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

$$w_f = w = \frac{2d}{\pi} \{B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}]\} \quad (7)$$

3. Hasil dan Analisa

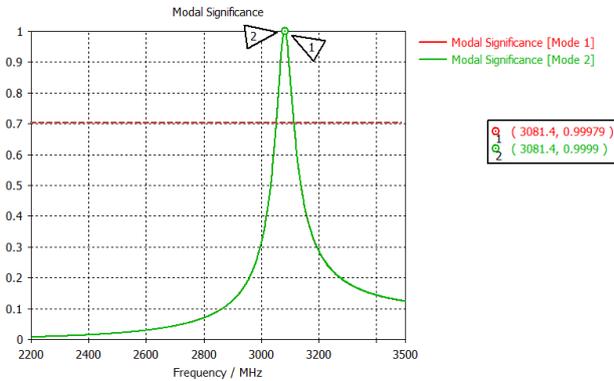
3.1. Desain CMA Patch A



Gambar 2. Desain Patch A dengan CMA

Gambar 2 merupakan desain *patch A* atau desain tanpa slot dengan CMA. Berdasarkan Gambar 3 mode pertama (J_1) dan (J_2) saling berhimpit memiliki nilai *modal*

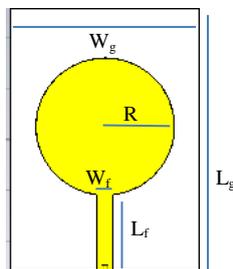
significance mendekati satu pada frekuensi 3081 MHz. Terlihat bahwa mode yang dihasilkan belum berada pada rentang frekuensi yang ditentukan.



Gambar 3. Grafik Modal Significance Desain Patch A

3.2. Desain Antena A (Tanpa Slot)

Desain antena A pada Gambar 4 sesuai dengan hasil perhitungan menggunakan rumus (4) – (9). Ukuran dimensi antena A terlihat pada Tabel 1. Teknik penyambungan yang digunakan adalah teknik *line feed*.



Gambar 4. Desain Antena A

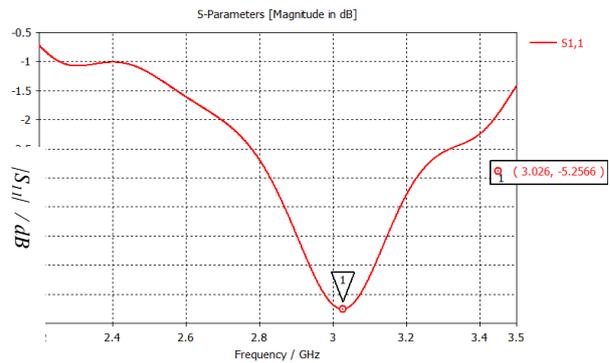
Tabel 1. Ukuran Dimensi Antena A

No.	Variabel	Ukuran (mm)	Keterangan
1.	R	13,5	Jari-jari Patch
2.	L_s	11,5	Panjang slot
3.	L_f	15	Panjang saluran transmisi
4.	W_f	3	Lebar saluran transmisi
5.	W_g	44	Lebar groundplane
6.	L_g	59	Panjang groundplane

3.3. Hasil Simulasi

3.3.1. S_{11}

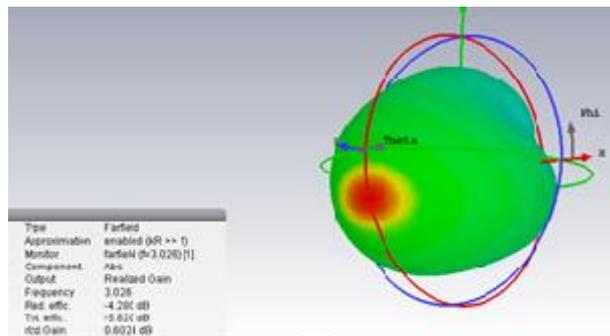
Berdasarkan hasil simulasi pada CST, nilai S_{11} antena dapat diketahui pada grafik *S-Parameter*. Dari Gambar 5 menunjukkan hasil S_{11} sebesar -5,25 dB di frekuensi 3,02 GHz. Grafik menunjukkan bahwa nilai S_{11} belum memenuhi spesifikasi yang ditentukan dan rentang frekuensi yang diperoleh belum sesuai.



Gambar 5. Hasil S_{11} Antena A

3.3.2. Gain dan Pola Radiasi

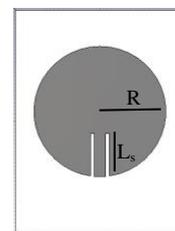
Gain antena yang dirancang berdasarkan simulasi desain antena A ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Gain Desain Antena A

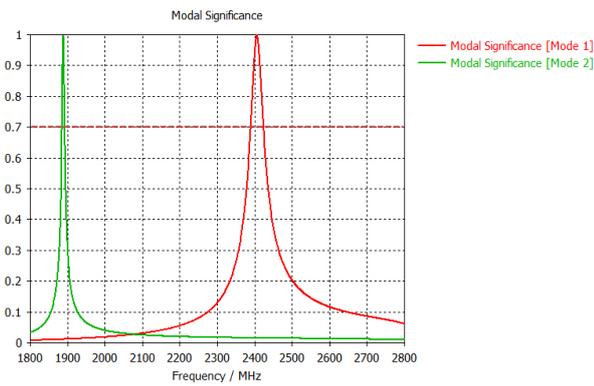
Gambar 6 menunjukkan antena memiliki nilai gain sebesar 0,60 dBi dan dapat diketahui antena memiliki pola radiasi bersifat *directional* karena hanya mengarah ke satu arah. Nilai gain yang dihasilkan belum sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

3.4. Desain CMA Patch B



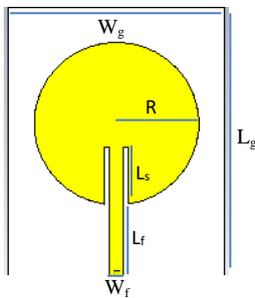
Gambar 7. Desain Patch B dengan CMA

Gambar 7 merupakan desain patch B atau desain penambahan slot dengan CMA. Pada Gambar 8 grafik modal significance desain patch B menunjukkan adanya perubahan dimana J_1 dan J_2 terpisah. J_1 dan J_2 memiliki nilai modal significance mendekati satu pada frekuensi 2406 MHz dan 1889 MHz.



Gambar 8. Grafik Modal Significance Desain Patch B

3.5. Desain Antena B (Penambahan Slot)



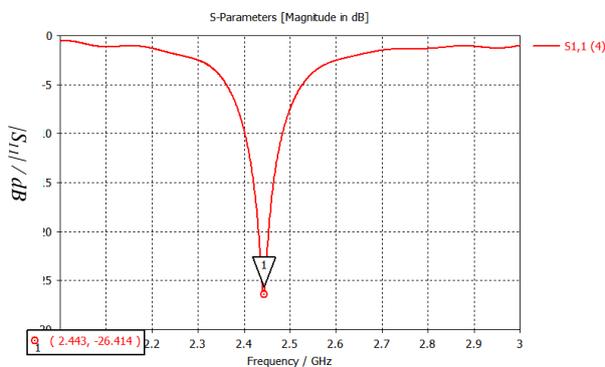
Gambar 9. Desain Antena B

Tabel 2. Ukuran Dimensi Antena B

No.	Variabel	Ukuran (mm)	Keterangan
1.	R	17,35	Jari-jari Patch
2.	L_s	11,5	Panjang slot
3.	L_f	15	Panjang saluran transmisi
4.	W_g	44	Lebar groundplane
5.	L_g	59	Panjang groundplane

3.6. Hasil Simulasi

3.6.1. S_{11}



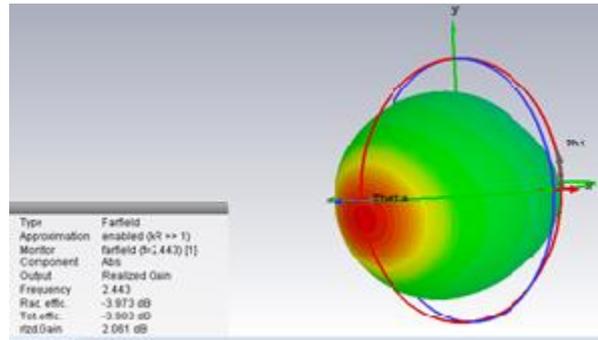
Gambar 10. Hasil S_{11} Desain Antena B

Dari Gambar 10 menunjukkan hasil S_{11} sebesar -26,41 dB pada frekuensi 2,443 GHz. Grafik menunjukkan bahwa nilai S_{11} telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan yaitu

≤ -10 dB dan rentang frekuensi yang diperoleh sudah sesuai, yaitu 2,400 – 2,486 GHz.

3.6.2. Gain dan Pola Radiasi

Gain antena yang dirancang berdasarkan simulasi pada rentang frekuensi 2,400 - 2,486 GHz ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 11. Gain Desain Antena B

Gambar 11 menunjukkan antena memiliki nilai gain sebesar 2,06 dBi dan dapat diketahui antena memiliki pola radiasi bersifat *directional* karena hanya mengarah ke satu arah.

3.7. Pengukuran Antena

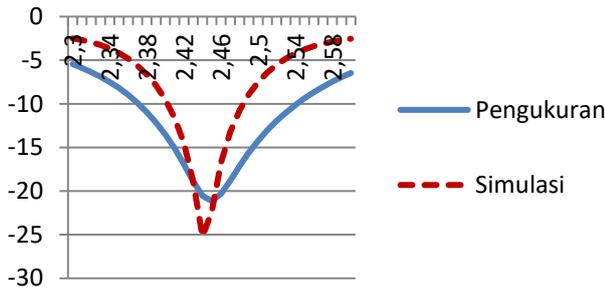
Parameter kinerja antena yang diujikan yaitu parameter S_{11} , VSWR, gain, dan pola radiasi. Hasil pengukuran selanjutnya akan dibandingkan dengan hasil simulasinya. Gambar 12 merupakan bentuk antena yang telah difabrikasi.



Gambar 12. Antena Fabrikasi

3.7.1. Pengukuran S_{11} Antena Mikrostrip

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan CST Microwave Studio 2016 dan pengukuran S_{11} dengan menggunakan Vector Network Analyzer diperoleh gambar berupa grafik dalam satuan *decibel* (dB) hasil simulasi dan pengukuran seperti pada Gambar 13. Sumbu horizontal menunjukkan rentang frekuensi dalam GHz. Sumbu vertikal menunjukkan nilai S_{11} dalam dB.



Gambar 13. Hasil Perbandingan Simulasi dan Pengukuran S_{11} Antena Mikrostrip menggunakan *Network Analyzer*.

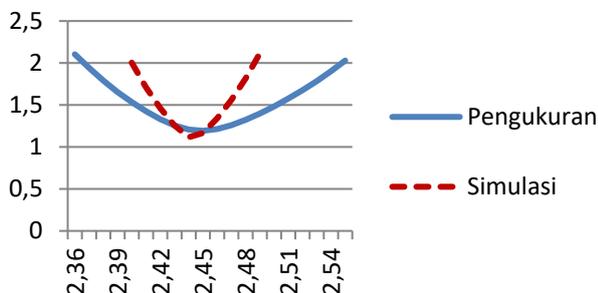
Tabel 3. Perbandingan S_{11} antara Hasil Simulasi dengan Pengukuran Antena Mikrostrip

Antena	Nilai S_{11} (dB)	Frekuensi (GHz)	S_{11} pada frekuensi 2,45 GHz (dB)
Simulasi	-26,41	2,443	-22,34
Pengukuran	-21,13	2,45	-21,13

Gambar 13 dan Tabel 3 menunjukkan perbandingan nilai S_{11} pada hasil simulasi dan pengukuran. Nilai S_{11} pada hasil simulasi memiliki nilai sebesar -26,41 dB pada frekuensi 2,443 GHz, sedangkan pada pengukuran memiliki nilai sebesar -21,13 dB pada frekuensi 2,45 GHz. Hal ini menunjukkan bahwa nilai S_{11} dari hasil simulasi terjadi sedikit perbedaan dengan hasil pengukuran, namun telah memenuhi spesifikasi.

3.7.2. Pengukuran VSWR Antena Mikrostrip

Berdasarkan Gambar 14 berupa grafik perbandingan VSWR antara hasil simulasi dengan pengukuran menggunakan *Vector Network Analyzer*. Nilai hasil perbandingan simulasi dan pengukuran ditampilkan pada Tabel 4.



Gambar 14. Hasil Perbandingan Simulasi dan Pengukuran VSWR Antena Mikrostrip menggunakan *Network Analyzer*.

Tabel 4. Perbandingan VSWR antara Hasil Simulasi dan Pengukuran VSWR Antena Mikrostrip

Antena	Nilai VSWR	Frekuensi tengah (GHz)	VSWR pada frekuensi 2,45 GHz
Simulasi	1:1,10	2,443	1 : 1,16
Pengukuran	1:1,19	2,45	1 : 1,19

Hasil VSWR pada simulasi bernilai 1,10 pada frekuensi 2,443 GHz sedangkan pada pengukuran antenna mempunyai nilai VSWR sebesar 1,19 pada frekuensi resonansi 2,45 GHz. Terlihat perbandingan hasil simulasi dengan pengukuran menunjukkan bahwa nilai VSWR mendekati 1:1 dengan rentang frekuensi resonansi yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa antenna mikrostrip memiliki kinerja yang masih memenuhi spesifikasi VSWR yang diinginkan.

3.7.3. Lebar Pita Frekuensi Antena Mikrostrip

Lebar pita frekuensi (*bandwidth*) dapat diartikan sebagai perbedaan antara frekuensi atas/tertinggi dan frekuensi bawah/terendah berdasarkan $VSWR \leq 1:2$.

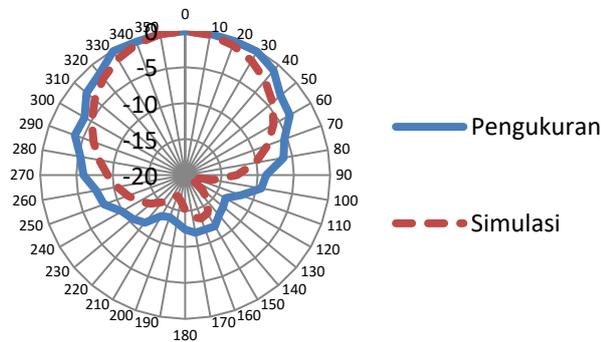
Tabel 5. Perbandingan Lebar Pita Hasil Simulasi dan Pengukuran Antenna Mikrostrip

Antena	Lebar pita frekuensi (MHz)	Frekuensi (GHz)
Simulasi	86	2,400-2,486
Pengukuran	170	2,37-2,54

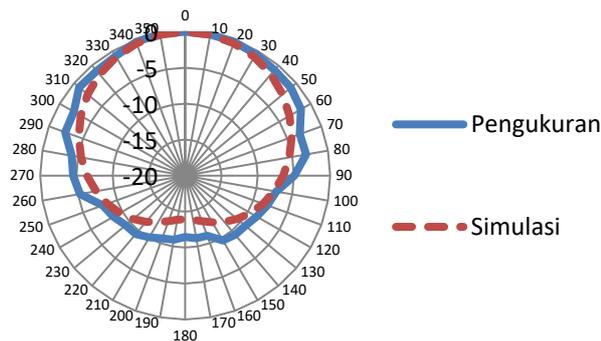
Data yang digunakan pada pengukuran lebar pita frekuensi ini berdasarkan pada Gambar 14. Tabel 5 menunjukkan hasil simulasi memiliki lebar pita sebesar 86 MHz dan pada hasil pengukuran sebesar 170 MHz. Hasil pengukuran antenna mikrostrip terlihat dalam memiliki lebar pita yang lebih besar dibandingkan dengan hasil simulasi antenna mikrostrip.

3.7.4. Pengukuran Pola Radiasi

Diagram polar dari pola radiasi yang telah dinormalisasi pada simulasi dan pengukuran bidang azimut dan elevasi ditunjukkan pada Gambar 15 dan Gambar 16. Pada hasil pengukuran, terlihat bahwa pola radiasi antenna tersebut sudah mendekati hasil simulasi hanya saja terlihat sedikit kasar apabila dibandingkan dengan hasil simulasinya.



Gambar 15. Hasil Perbandingan Simulasi dan Pengukuran Pola Radiasi Elevasi Antena Mikrostrip



Gambar 16. Hasil Perbandingan Simulasi dan Pengukuran Pola Radiasi Azimuth Antena Mikrostrip

3.7.5. Pengukuran Gain Antena Mikrostrip

Pengukuran *gain* dilakukan di dalam ruangan tanpa gema atau yang disebut *Anechoic Chamber*. *Anechoic Chamber* adalah sebuah ruangan yang dirancang untuk meredam gelombang refleksi baik suara atau elektromagnetik. Tabel 6 menunjukkan nilai *gain* dari simulasi dan pengukuran antena mikrostrip.

Tabel 6. Perbandingan Nilai *Gain* Simulasi dan Pengukuran.

Antena	Gain simulasi (dBi)	Gain Pengukuran (dBi)
Mikrostrip	2,06	2,15

Hasil nilai *gain* simulasi dan pengukuran antena mikrostrip diunjukkan pada Tabel 6. Hasil pengukuran memiliki nilai *gain* sebesar 2,06 dBi hasil pengukuran memiliki nilai *gain* sebesar 2,15 dBi. Hasil pengukuran menunjukkan nilai *gain* yang lebih tinggi dibandingkan nilai hasil simulasi.

3.8. Evaluasi Performansi Antena

Evaluasi performansi antena bertujuan untuk membandingkan hasil simulasi dan hasil pengukuran dengan spesifikasi antena yang dibutuhkan dari antena mikrostrip.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Spesifikasi Antena Mikrostrip.

Besaran	Spesifikasi	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi kerja	2,400 - 2,484 GHz	2,400 – 2,486 GHz	2,37 – 2,54 GHz
S_{11}	≤ -10 dB	-26,41 dB	-21,13 dB
VSWR	≤ 2	1,10	1,19
<i>Gain</i>	≥ 2 dBi	2,06 dBi	2,15 dBi
Pola radiasi	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>

Perbandingan hasil pengukuran dan simulasi terlihat pada Tabel 7. Perbedaan terletak pada hasil simulasi dengan pengukuran. Hal ini disebabkan oleh faktor fabrikasi antena yang tidak sempurna seperti teknik penyolderan yang kurang rapi sehingga menyebabkan bertambahnya panjang konduktor. Akibatnya, terjadi sedikit perbedaan pada nilai konduktivitas bahan dan resistansi yang tidak sesuai dengan nilai yang ada pada simulasi. Penyebab lainnya adalah ukuran panjang jari-jari *patch* dan slot saat fabrikasi yang kurang sesuai dengan simulasi., namun frekuensi kerja, S_{11} , VSWR, *gain*, dan pola radiasi pada antena yang sudah difabrikasi memenuhi spesifikasi antena yang ditentukan.

4. Kesimpulan

Pada analisis menggunakan teori *Characteristic Mode Analysis*, hasil grafik *modal significance* desain *patch A* terdapat dua mode yang terlihat yaitu J_1 dan J_2 yang berhimpit di frekuensi 3081 MHz sedangkan hasil grafik *modal significance* desain *patch B* menunjukkan adanya perubahan yaitu dua mode yang semula berhimpit menjadi bergeser dan terpisah. J_1 berada pada frekuensi 2406 MHz dan J_2 berada pada frekuensi 1889 MHz. Dari hasil pengukuran antena mikrostrip yang telah difabrikasi didapatkan beberapa nilai parameter yaitu, S_{11} sebesar -21,13 dB, VSWR 1:1,19, rentang frekuensi 2,37 – 2,54 GHz, pola radiasi *directional* dan *gain* sebesar 2,15 dBi. Dari hasil pengukuran, antena yang telah difabrikasi sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

Referensi

- [1]. A. Kamalvand, A. Monajati, M. Ojaroudi, A Low Cost Microstrip Antenna for Wireless Fidelity Application, 2015. *Advances in Microelectronic Engineering (AIME)*. October 2013; Volume 1 Issue 4.
- [2]. Otavio P.L, Humberto C.C. Fernandes, Design of Microstrip Antennas Arrays with Circular Patch at Frequency of 2.5 GHz, March 2015. *Journal of Communications and Information Systems*, Vol. 30, No.1.
- [3]. Neronzie J, Ali H.R, Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Circular (2,45 Ghz) dengan Teknik *Planar Array* sebagai Penguat Sinyal Wi-Fi, Februari 2013. *SINGUDA ENSIKO*, VOL. 1, NO. 2.
- [4]. Hui Li, *Student Member, IEEE*, YiTan, Buon KiongLau, *Senior Member, IEEE*, Zhinong Ying, *Senior Member, IEEE*, and Sailing He, *Senior Member, IEEE*. Characteristic Mode Based Tradeoff Analysis of Antenna-Chassis Interactions for Multiple Antenna Terminals, February 2012. *IEEE Transactions On Antennas And Propagation*, Vol. 60, No. 2.
- [5]. M. C. Fabres. Systematic design of antennas using the theory of Charateristic Modes. Ph. D. Disertation, Escuela Tecnica Superior De Ingenieros De Telecomicacion, Universidad Politecnica De Valencia; 2007.
- [6]. C. A. Balanis, *Antenna Theory*, 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.
- [7]. D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. 2012