

ANTENA MIMO 4×4 MIKROSTRIP PERSEGI PANJANG HIBRIDA PATCH DAN SLOT UNTUK ACCESS POINT PADA WIFI 2,4 GHz DAN 5,8 GHz

HYBRID PATCH AND SLOT RECTANGULAR MICROSTRIP MIMO 4×4 ANTENNA FOR WIFI ACCESS POINT 2,4 GHz AND 5,8 GHz

Ramaska Prima Augusta¹, Heroe Wijanto², Budi Syihabuddin³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ramaskaprimaagusta@students.telkomuniversity.ac.id, ²heroewijanto@telkomuniversity.ac.id,

³budisyihab@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan kecepatan data yang tinggi dan kapasitas yang semakin besar termasuk pada teknologi sistem komunikasi seperti *Wireless Fidelity* (Wi-Fi). Salah satu solusi agar antenna pada Wi-Fi memiliki performansi yang baik maka digunakan sistem antenna *Multiple-Input and Multiple-Output* (MIMO). Penelitian ini membahas perancangan dan realisasi antenna mikrostrip *dual band patch rectangular* MIMO 4X4 untuk *access point* pada aplikasi Wi-Fi yang bekerja pada frekuensi 2,441 dan 5,8 GHz. Pada *patch* antenna akan digunakan teknik *slot* sehingga antenna tersebut dapat bekerja di dua frekuensi yang diinginkan. Pada penelitian ini didapatkan nilai dari pengukuran antenna mikrostrip MIMO yang dapat bekerja di frekuensi 2,441 dan 5,8 GHz. Nilai *return loss* yang didapatkan yaitu ≤ -10 dB. *Bandwidth* ≥ 40 MHz untuk 2,441 GHz dan ≥ 100 MHz untuk 5,8 GHz. *Gain* ≥ 3 dB. *Mutual coupling* ≤ -20 dB. Pola radiasi yang dihasilkan untuk frekuensi 2,441 GHz dan 5,8 GHz adalah *unidirectional*. Polarisasi yang dihasilkan untuk frekuensi 2,441 GHz dan 5,8 GHz adalah berpolarisasi elips.

Kata Kunci : *antenna, mikrostrip, Wi-Fi, mimo, slot, patch rectangular*

Abstract

The need for high data rates and greater capacity including communication system technologies such as *Wireless Fidelity* (Wi-Fi). One of the solutions so that the antenna on Wi-Fi has a good performance is used the *Multiple-Input and Multiple-Output* (MIMO) antenna system. This study discusses the design and realization of a *rectangular MIMO 4X4 dual band patch microstrip* antenna for *access points* on Wi-Fi applications that work at frequencies 2.441 and 5.8 GHz. In the *patch* antenna will be used a *slot* technique so that the antenna can work on the two desired frequencies. In this study, the values obtained from the measurement of MIMO microstrip antenna that can work at frequencies 2.441 and 5.8 GHz. The return loss value is ≤ -10 dB. *Bandwidth* ≥ 40 MHz for 2.441 GHz and ≥ 100 MHz for 5.8 GHz. *Gain* ≥ 3 dB. *Mutual coupling* ≤ -20 dB. The radiation pattern produced for frequencies of 2.441 GHz and 5.8 GHz is *unidirectional*. The resulting polarization for frequencies 2.441 GHz and 5.8 GHz is elliptical polarization.

Keywords : *antenna, microstrip, Wi-Fi, mimo, slot, patch rectangular*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi sistem komunikasi nirkabel (*wireless*) semakin pesat. Sistem komunikasi nirkabel merupakan jenis teknologi jaringan komputer yang menggunakan gelombang radio sebagai media transmisi data. Contoh dari teknologi sistem komunikasi nirkabel tersebut adalah Wi-Fi. Wi-Fi adalah sebuah teknologi yang memanfaatkan peralatan elektronik untuk bertukar data menggunakan gelombang radio melalui sebuah jaringan komputer, termasuk koneksi internet berkecepatan tinggi. Kebutuhan akan transfer data yang tinggi dan kapasitas yang semakin besar mendorong munculnya teknologi dan standar baru. Standar baru yang sudah ditetapkan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) dari teknologi Wi-Fi adalah IEEE 802.11ac. Teknologi ini menggunakan frekuensi 2,4 GHz dan 5,8 GHz dengan *bandwidth* 20 – 40 MHz, dan mendukung 4 MIMO *stream*.

Pada penelitian sebelumnya Kalika, Anuj [1] antenna didesain untuk S(2-4GHz), C(4-8GHz) dan X(8-12GHz) aplikasi band. pada penelitian tersebut

Pada penelitian sebelumnya Kalika, Anuj [1] frekuensi yang dihasilkan adalah 2,457 GHz, 3,867 GHz, 4,967 GHz, 6,555 GHz, 7,209 GHz dan 8,169 GHz untuk aplikasi *bluetooth*, *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMax) dan *Wireless Local Area Network* (WLAN). Pada frekuensi 2,457 GHz, 3,867 GHz, 4,967 GHz, 6,555 GHz, 7,209 GHz dan 8,169 GHz nilai *return loss* masing – masing adalah -13,8 dB, -19,1 dB, -20 dB, -19,9 dB, -17 dB dan -14,9 dB. Pada penelitian yang lain [2] frekuensi yang dihasilkan adalah 2,8 GHz dan 4,8 GHz untuk aplikasi WiMax dan WLAN. Pada frekuensi 2,8 GHz dan 4,8 nilai *return loss* masing – masing adalah -18,7 dB dan -34,8 dB. Namun pada penelitian [1] dan [2] tidak menggunakan teknik MIMO.

Pada penelitian ini akan dirancang suatu antenna mikrostrip *dual band MIMO patch rectangular* untuk aplikasi Wi-Fi. Antena mikrostrip *dual band* adalah antenna yang mampu bekerja pada dua frekuensi yang berbeda sehingga dapat menunjang teknologi yang ada. Supaya antenna dapat bekerja pada dua frekuensi maka digunakan teknik *slot* pada *patch* antenna. *Slot* yang digunakan berdasarkan penelitian [1] dan [2] dengan sedikit modifikasi. Teknik MIMO 4x4 dipilih untuk metode untuk melipatgandakan kapasitas dengan menggunakan banyak antenna untuk mengirim dan menerima data sehingga mengurangi efek *mutual fading* serta meningkatkan *throughput* dan *coverage*. MIMO 4x4 dipilih berdasarkan spesifikasi dari perangkat yang sudah ada [14]. Pemilihan *full groundplane* berfungsi supaya antenna mendapatkan *gain* yang maksimal dan pola radiasi dari antenna *unidirectional*.

2. Dasar Teori dan Perancangan

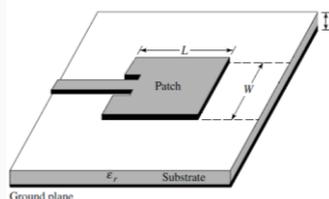
2.1. WI-FI

Wi-Fi adalah singkatan dari *Wireless Fidelity* yaitu sebuah perangkat komunikasi data tanpa kabel yang digunakan untuk komunikasi atau mentransfer data dengan kemampuan cepat. Pada umumnya, Wi-Fi mengacu pada jenis IEEE 802.11 *Wireless Local Area Network* (WLAN).

Dalam satu dekade terakhir standar dan regulasi untuk teknologi jaringan Wi-Fi telah dilakukan beberapa perubahan. Perubahan pertama untuk standar jaringan nirkabel diawali oleh IEEE 802.11a, diikuti dengan IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, dan IEEE 802.11n. Pada awal tahun 2014, IEEE menyetujui untuk menetapkan IEEE 802.11ac sebagai standar terbaru untuk teknologi jaringan nirkabel, sehingga teknologi ini dapat lebih handal dari sebelumnya. [3]

2.2. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip ini memiliki desain yang sederhana serta murah untuk diproduksi. Produksi antenna ini menggunakan teknologi sirkuit cetak modern, yang secara mekanis kuat saat dipasang di permukaan yang kaku dan juga kompartibel dengan desain *Monolithic Microwave Integrated Circuit* (MMIC) dan sangat fleksibel dalam hal frekuensi resonansi, polarisasi dan impedansi [4].



Gambar 2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip memiliki bentuk *patch* yang berbeda. Bentuk *patch* tersebut adalah persegi (*square*), persegi panjang (*rectangular*), lingkaran (*circular*), elips (*elliptical*), segitiga (*triangular*) atau konfigurasi lainnya.

2.3. Patch Rectangular

Patch persegi panjang merupakan *patch* yang paling banyak digunakan. Untuk menghitung dimensi antenna secara manual, dibutuhkan parameter awal seperti frekuensi kerja, konstanta dielektrik (ϵ_r), ketebalan konduktor (h) yang nantinya akan dimasukkan ke dalam persamaan sebagai berikut [4].

Lebar patch (W) ditentukan dengan persamaan :

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.1)$$

Panjang patch (L) ditentukan dengan persamaan :

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2.2)$$

Dimana,

$$\Delta L = 0,412h \left(\frac{\epsilon_{reff}+0,3}{\epsilon_{reff}-0,3} \right) \left(\frac{\frac{W}{h}+0,264}{\frac{W}{h}+0,8} \right) \quad (2.3)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{W}}} \right) \quad (2.4)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.5)$$

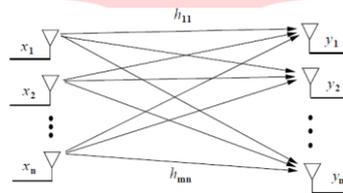
Ground plane dapat dicari dengan menghitung lebar dan panjang minimum yang dibutuhkan dengan persamaan berikut,

$$L_g = 6h + L \quad (2.6)$$

$$W_g = 6h + W \quad (2.7)$$

2.4. Multiple Input Multiple Output

MIMO merupakan perkembangan dalam komunikasi antenna array. [8] Teknologi MIMO memanfaatkan fenomena gelombang radio yang disebut multipath dimana informasi yang dipancarkan memantul dari dinding, langit-langit, dan benda lainnya, mencapai antenna penerima berkali-kali melalui sudut yang berbeda dan pada waktu yang sedikit berbeda. Sistem MIMO dapat secara signifikan meningkatkan kecepatan data dari sistem nirkabel tanpa meningkatkan daya pancar atau *bandwidth*.



Gambar 2.2 Sistem Kerja MIMO[9]

Keunggulan Antena MIMO

- Mengurangi *multipath fading*
- Meningkatkan *data rate*
- Meningkatkan *reliability*

Parameter Antena MIMO[11]:

- **Mutual Coupling**

Mutual coupling merupakan arus induksi pada satu antenna menghasilkan tegangan tertentu pada antenna yang berdekatan sehingga menurunkan performansi antenna itu sendiri. *Mutual coupling* dapat diukur dengan melihat besaran isolasi. Isolasi didefinisikan sebagai besar daya transmisi antara dua *input port* pada antenna *multiport* yang diuji.

- **Koefisien Korelasi**

Koefisien korelasi merupakan koefisien yang menyatakan tingkat kesamaan antara sinyal diterima oleh masing – masing antenna. Nilai yang diharapkan dari koefisien korelasi adalah lebih kecil dari 0,5

2.5. Proses Perencanaan

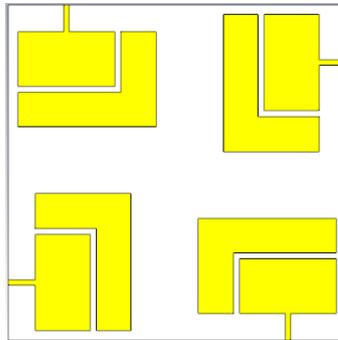
2.5.1. Spesifikasi Antena

Pada perancangan kali ini diharapkan antenna hasil perancangan memiliki spesifikasi seperti gambaran dibawah ini :

- Frekuensi Kerja[12][13] : 2,4 – 2,483 GHz dan 5,725 – 5,825 GHz
- Bandwidth : > 40 MHz dan 100 MHz
- Impedansi : 50 Ω
- Pola Radiasi : Unidireksional
- Gain[14] : $\geq 3\text{dBi}$
- Return Loss : $\leq -10\text{dB}$

2.5.2. Hasil Simulasi Perancangan Antena

Pada perancangan antena MIMO 4x4 ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu, jarak antar *patch* antena tersebut supaya antena satu dengan yang lain tidak saling mempengaruhi dan bekerja secara independen, dan juga peletakan *port* antena agar *mutual coupling* yang diinginkan seminimal mungkin.



Gambar 2.3 Simulasi Antena MIMO 4x4

Tabel 2.1 Dimensi Antena Slot MIMO 4x4

No.	Parameter	Nilai (mm)
1	W	69,77
2	L	48,31
3	h	1,6
4	t	0,035
5	Lf	13,53
6	Wf	2,7
7	Wg	170,24
8	Lg	170,24
9	Ws	48,81
10	Ls	27,83
12	S	3
13	d	33,87

2.5.3. Hasil Parameter dan Realisasi Antena

Antena yang telah dirancang dan disimulasikan menggunakan bantuan *software* kemudian direalisasikan.

Tabel 2.2 Perbandingan Spesifikasi Awal dan Hasil Simulasi pada Parameter 2,441 GHz

No	Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Simulasi
1	Frekuensi Kerja pada $Return Loss \leq -10$ dB	2,4 – 2,483 GHz	2,393 – 2,478 GHz
2	$Return Loss$ pada 2,441 GHz	≤ -10 dB	-19,14 dB
3	<i>Bandwidth</i>	≥ 40 MHz	84,6 MHz
4	<i>Gain</i>	≥ 3 dB	3,71 dB
5	Pola Radiasi	<i>unidirectional</i>	<i>unidirectional</i>
6	<i>Mutual Coupling</i>	≤ -20 dB	≤ -42 dB

Tabel 2.3 Perbandingan Spesifikasi Awal dan Hasil Simulasi pada Parameter 5,8 GHz

No	Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Simulasi
1	Frekuensi Kerja pada $Return Loss \leq -10$ dB	5,725 – 5,825 GHz	5,695 – 5,92 GHz
2	$Return Loss$ pada 5,8 GHz	≤ -10 dB	-20,63 dB
3	<i>Bandwidth</i>	≥ 100 MHz	225,5 MHz
4	<i>Gain</i>	≥ 3 dB	4,6 dB
5	Pola Radiasi	<i>unidirectional</i>	<i>unidirectional</i>
6	<i>Mutual Coupling</i>	≤ -20 dB	≤ -31 dB

Pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 menunjukkan hasil perbandingan perancangan awal dengan hasil simulasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antenna bekerja dengan baik pada spesifikasi awal antenna yang diinginkan.

3. Hasil dan Analisis Antena

Setelah melakukan perancangan dan realisasi serta mendapatkan hasil yang optimal, maka perlu dilakukan pengujian. Hasil dari pengujian akan dibandingkan dengan hasil perancangan yang telah dilakukan.

Parameter antenna MIMO yang diukur adalah.

1. *Return loss*
2. *Bandwidth*
3. *Mutual coupling*
4. Pola Radiasi
5. Polarisasi
6. *Gain*

3.1. Hasil Pengukuran *Return Loss* dan *Bandwidth*

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran *Return Loss*

Frekuensi (GHz)	Antena 1 (dB)	Antena 2 (dB)	Antena 3 (dB)	Antena 4 (dB)
2,441	-12,56	-12,29	-13,53	-11,99
5,8	-12,35	-13,47	-13,17	-13,91

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran *Bandwidth*

Frekuensi (GHz)	Antena 1 (MHz)	Antena 2 (MHz)	Antena 3 (MHz)	Antena 4 (MHz)
2,441	80,1	108,2	81,5	104,9
5,8	229,2	217,5	221,4	213,6

Nilai *bandwidth* dilihat dari batas -10 dB dari frekuensi atas dikurangi frekuensi bawah sehingga didapatkan nilai *bandwidth* tersebut Pada Tabel 3.1 terlihat bahwa antenna bisa bekerja dengan baik, karena nilai *return loss* pada frekuensi 2,441 GHz dan 5,8 GHz \leq -10 dB.

Pada Tabel 3.2 terlihat bahwa *bandwidth* yang dihasilkan dari pengukuran untuk keempat antenna sudah memenuhi *bandwidth* sesuai spesifikasi awal yaitu untuk frekuensi 2,441 GHz sebesar 40 MHz, sedangkan untuk frekuensi 5,8 GHz sebesar 100 MHz.

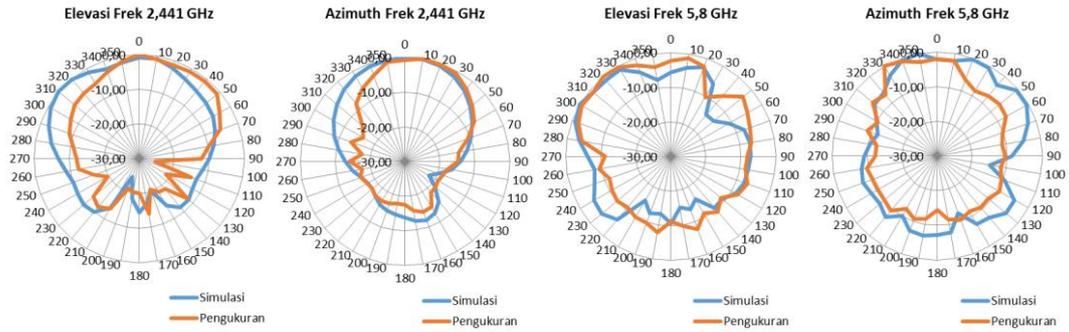
3.2. Hasil Pengukuran *Mutual Coupling*

Tabel 3.3 Tabel Pengukuran *Mutual Coupling*

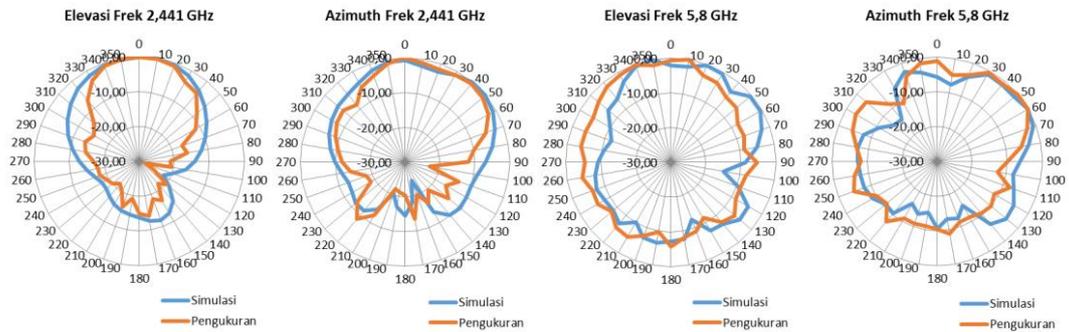
<i>Mutual Coupling</i>	Frekuensi		<i>Mutual Coupling</i>	Frekuensi	
	2,441 GHz	5,8 GHz		2,441 GHz	5,8 GHz
S12	-41,89	-36,47	S31	-39,99	-35,27
S13	-40,02	-35,33	S32	-39,74	-36,38
S14	-50,70	-35,65	S34	-40,04	-36,31
S21	-42,22	-36,71	S41	-50,70	-35,65
S23	-40,04	-36,31	S42	-42,68	-36,01
S24	-42,68	-36,01	S43	-40,04	-36,31

Pada Tabel 4.3 didapatkan hasil *mutual coupling* dari antenna yang dirancang. Disimpulkan bahwa nilai *mutual coupling* dari antenna sudah memenuhi parameter awal perancangan yaitu \leq -20 dB, sehingga antar antenna mempunyai isolasi yang baik.

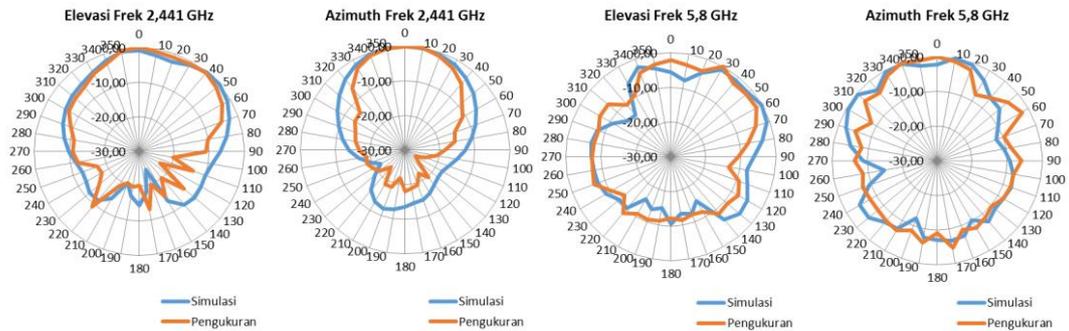
3.3. Hasil Pengukuran Pola Radiasi



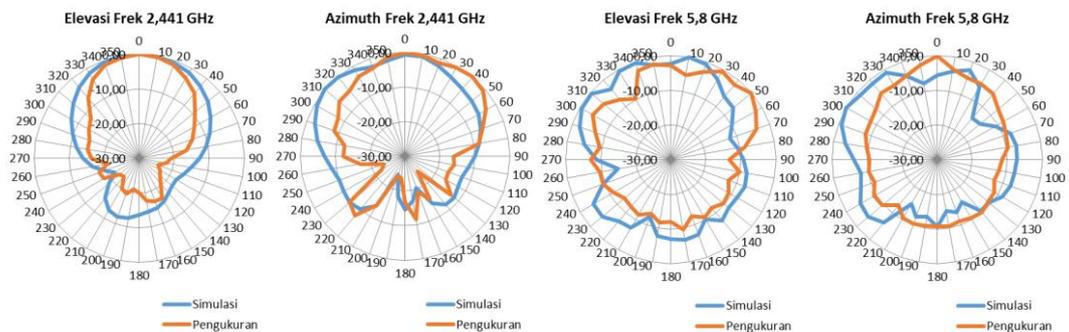
Gambar 3.1 Nilai Pola Radiasi Pengukuran pada Antena 1



Gambar 3.2 Nilai Pola Radiasi Pengukuran pada Antena 2



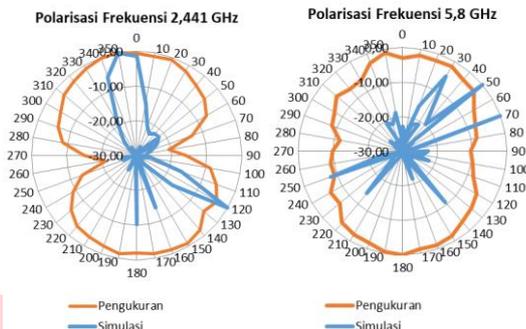
Gambar 3.3 Nilai Pola Radiasi Pengukuran pada Antena 3



Gambar 3.4 Nilai Pola Radiasi Pengukuran pada Antena 4

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa pola radiasi dari keempat antenna untuk azimuth dan elevasi sudah terlihat baik. Pola radiasi yang didapatkan adalah mendekati *unidirectional*. Jika pola radiasi dari masing – masing antenna digabungkan maka antenna tersebut memiliki pola radiasi *omnidirectional*.

3.4. Hasil Pengukuran Polarisisasi



Gambar 3.5 Nilai Polarisisasi

Pada perhitungan kuat medan elektrik menunjukkan bahwa AUT berpolarisasi elips karena nilai *axial ratio* adalah $1 < AR < \infty$ untuk frekuensi 2,441 GHz dan 5,8 GHz.

3.5. Hasil Pengukuran Gain

Tabel 3.4 Hasil Pengukuran Gain pada Frekuensi 2,441 GHz

Antena	AUT (dBm)	Antena Referensi (dBm)
1	-27,82	-22,4
2	-27,76	-22,21
3	-27,65	-22,09
4	-27,68	-22,16

Tabel 3.5 Hasil Pengukuran Gain pada Frekuensi 5,8 GHz

Antena	AUT (dBm)	Antena Referensi (dBm)
1	-44,48	-39,78
2	-43,34	-38,66
3	-43,89	-39,23
4	-43,72	-39,13

Pada perhitungan gain didapatkan dari masing – masing antenna untuk frekuensi 2,441 GHz adalah 3,78 dB, 3,65 dB, 3,64 dB dan 3,68 dB. Sedangkan untuk frekuensi 5,8 adalah 5,5 dB, 5,52 dB, 5,54 dB dan 5,61 dB. Nilai dari *gain* pada pengukuran sesuai dengan spesifikasi awal yaitu ≥ 3 dB. Pada antenna dua, tiga dan empat dengan frekuensi 2,441 GHz, *gain* antenna pada saat pengukuran lebih kecil dari pada *gain* antenna pada saat perancangan pada simulasi.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari proses perancangan dan realisasi antenna *slot* MIMO 4x4 pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut

1. Penambahan frekuensi kerja antenna dapat dilakukan dengan menambahkan *slot* pada *patch* dari antenna tersebut. Frekuensi yang dihasilkan adalah 2,441 GHz dan 5,8 GHz.
2. Peletakan *port* antenna mempengaruhi nilai *mutual coupling* antenna. Nilai *mutual coupling* akan mempengaruhi kinerja dari antenna MIMO
3. Antenna MIMO 4x4 yang direalisasikan dapat bekerja pada *range* frekuensi 2,38 – 2,454 GHz dan 5,643 – 5,87 GHz dengan nilai *return loss* ≤ -10 dB. *Bandwidth* yang dihasilkan ≥ 40 MHz untuk frekuensi 2,441 GHz dan ≥ 100 MHz untuk frekuensi 5,8 GHz. *Gain* yang dihasilkan sudah memenuhi parameter awal yaitu ≥ 3 dB untuk kedua frekuensi tersebut. *Mutual coupling* yang dihasilkan oleh antenna sudah memenuhi spesifikasi awal yaitu ≤ -20 dB.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Mehra, Kalika., Jain, Anuj, "Design And Analysis of L-slots With Rectangular Slot Multiband Microstrip Rectangular Patch Antenna" Konferensi Internasional Komputer, Komunikasi dan Elektronika (Comptelix), Juli 2017.
- [2] Chitra, R. Jothi, Karthik, B. Ramesh, Nagarajan. J, "Design of Double L-Slot Microstrip Patch Antenna for WiMAX and WLAN Application" 2012
- [3] Afdhal, Elizar, "IEEE 802.11ac sebagai Standar Pertama untuk Gigabit Wireless LAN" Jurnal Rekayasa ElektriKa, Vol. 11, No. 1, April 2014.
- [4] Balanis, Constantine A, "Antena Theory Analisis and Desain 3rd edition", United Stated: Willey InterScienc, 2005.
- [5] Nakar, Punit Shantilal, "*Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices*", (Thesis), The Florida State University, 2004.
- [6] Garg, R., Bhartia, P., Bahl, I., and Ittipiboon, A. (2001)," Microstrip Antenna Design Handbook ", ArtechHouse, Noorwod
- [7] Kraus, J.D dan Marhefka, R.J. (2002), "*Antennas for All Applications*". Mc Graw-Hil
- [8] W. Bliss, Daniel, W. Forsythe. Keith, M. Chan, Amanda "MIMO Wireless Communication", Lincoln Laboratory Journal, Vol. 15, No. 1, 2005.
- [9] Ezio Biglieri, Robert Calderbank, Anthony Constantinides, Andrea Goldsmith, Arogyaswami Paulraj, and H.Vincent Poor, "MIMO Wireless Communications", Cambridge
- [10] A. Molisch and M. Win, "MIMO Systems with Antenna Selection-An Overview," Mitsubishi Electric Research Laboratory, Cambridge, 2004.
- [11] Ali Imran Najam, Yvan Duroc, and Smail Tedjini, "Multiple Input Multiple Output Antennas For Ultra Wideband Communications," Ultra Wideband.InTech, 2012
- [12] Peraturan Menteri Perhubungan No. KM.2 tahun 2005 tentang Penggunaan Pita Frekuensi 2400-2483,5 MHz.
- [13] Peraturan Direktur Jenderal Pos dan Telekomunikasi No. 233/Dirjen/2010 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi *Broadband Wireless Access (BWA)* pada Pita Frekuensi 5,8 GHz.
- [14] Cisco, "Datasheet dari Cisco Aironet 4800 Access Point".
- [15] Andika Darmawan, Pandu, "Antena Mikrostrip Array 1x4 Insed-Fed Patch Persegi untuk Wifi 2,4 GHz Access Point". (Tugas Akhir). Universitas Telkom.