

## Desain dan Realisasi Antena Susunan Mikrostrip Patch Persegi Panjang Enam Elemen pada 5,2 GHz Menggunakan Teknik Pencatatan distribusi polinomial Chebyshev

### *Design and Realisation of Six Rectangular Elements Microstrip Patch Array Antena at 5.2 Ghz with Chebyshev Polynomials Current Distribution*

Aan Turnip<sup>1</sup>, Nachwan Mufti A.<sup>2</sup>, Levy Olivia Nur<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>aanxturnip@gmail.com, <sup>2</sup> nachwanma@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup> levyolivia@telkomuniversity

#### Abstrak

Wi-fi merupakan salah satu jenis jaringan computer yang menggunakan gelombang radio sebagai media untuk transmisi data. Oleh karena itu akses poin merupakan salah satu perangkat terpenting pada Wi-fi. Antena yang digunakan pada akses poin diharuskan memiliki nilai gain yang baik untuk memaksimalkan area pancar. Selain itu juga dibutuhkan antena yang memiliki dimensi ringkas dan desain yang fleksibel. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan dan realisasi sebuah antena mikrostrip yang terdiri dari susunan enam patch antena persegi panjang yang dicatu menggunakan distribusi polinomial Chebyshev secara seri. Antena akan dirancang untuk dapat bekerja pada frekuensi 5,2 GHz untuk digunakan untuk komunikasi perangkat WiFi (Wireless Fidelity) . Perancangan akan diawali dengan perhitungan teoritis sesuai dengan teori desain antena mikrostrip dan distribusi arus antena susunan menggunakan polinomial Chebyshev. Kemudian hasil perhitungan yang didapatkan dioptimalisasi menggunakan bantuan perangkat lunak simulasi CST hingga memperoleh karakteristik antena sesuai spesifikasi yang diinginkan. Lalu sebagai kelauran akhir akan dibuat sebuah prototipe antena susunan mikrostrip lima patch persegi panjang yang akan bekerja pada frekuensi 5,2 GHz. Pada prototipe yang akan dibuat akan dilakukan pengukuran parameter antena seperti VSWR, polarisasi, pola radiasi, bandwidth, dan gain yang diharapkan sesuai dengan perhitungan teoritis dan simulasi.

**Kata kunci :** antena mikrostrip, distribusi arus, antena susun, Dolph-Chebyshev

#### Abstract

Wi-fi is a type of computer network that uses radio waves as a medium for data transmission. Therefore access points are one of the most important devices on Wi-fi. Antennas used in access points are required to have a good gain value to maximize the transmit area. It also requires an antenna that has compact dimensions and a flexible design. In this research, the design and realization of a microstrip antenna which consists of six rectangular patch antennas will be arranged using a Chebyshev polynomial distribution in series. The antenna will be designed to work at a frequency of 5.2 GHz to be used for WiFi (Wireless Fidelity) communication devices. The design will begin with a theoretical calculation in accordance with the microstrip antenna design theory and the distribution of the antenna current arrangement using the Chebyshev polynomial. Then the calculation results obtained are optimized using the help of CST simulation software to obtain the characteristics of the antenna according to the desired specifications. Then as a final discharge, a prototype of a rectangular patch microstrip array antenna will be made which will work at a frequency of 5.2 GHz. In the prototype that will be made will be measured antenna parameters such as VSWR, polarization, radiation patterns, bandwidth, and the expected gain in accordance with theoretical calculations and simulations

**Keywords:** microstrip antenna, array antenna, Chebyshev distribution

## 1. Pendahuluan

Pada era komunikasi nirkabel sekarang ini antenna merupakan salah satu komponen terpenting dari komunikasi. Dari sekian banyak antenna, antenna mikrostrip merupakan salah satu yang paling banyak digunakan karena popularitas dan kemudahan fabrikasi, bentuk mikrostrip yang fleksibel dan tipis tidak seperti antenna dipole dan slot, juga karena kemampuan antenna mikrostrip untuk menangani frekuensi ganda. Akan tetapi masih terdapat beberapa kelemahan dari antenna mikrostrip terutama lemahnya gain yang dihasilkan [1].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan gain yang lebih tinggi. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan merancang antenna mikrostrip yang terdiri dari susunan beberapa patch atau dikenal dengan antenna susunan (array antenna). Antenna susunan dapat berupa susunan beberapa patch antenna tunggal untuk memperbaiki gain. Semakin banyak jumlah komponen patch antenna, maka gain akan semakin besar dan lebar beam semakin sempit [2].

Pada antenna susunan, metode penyusunan dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti susunan dengan distribusi polinomial Chebyshev, susunan distribusi binomial, susunan broadside, dan susunan antenna lainnya. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan dan realisasi antenna susunan dengan empat komponen persegi panjang yang disusun seri yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz. Dari penelitian tersebut dihasilkan gain 4,59 dBi dan 5,673 dBi dengan VSWR sekitar 1,5 pada simulasi [3]. Susunan dengan distribusi polinomial Chebyshev digunakan karena lebih baik dalam hal mengurangi sidelobe dan beamwidth yang lebar [3] [1].

Pada penelitian yang telah dilakukan, dibuat antenna susunan mikrostrip dengan enam komponen patch berbentuk persegi panjang yang disusun seri. Antenna mikrostrip tersebut menggunakan polinomial Chebyshev untuk distribusi arus pada susunan komponennya dan dirancang untuk bekerja pada frekuensi 5 Ghz.

### 1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan tujuan dan manfaat penelitian yang dikemukakan pada tugas akhir ini rumusan masalahnya adalah:

1. Bagaimana desain realisasi antenna mikrostrip dengan enam susunan seri dari enam patch persegi panjang supaya dapat bekerja di frekuensi 5 GHz?
2. Bagaimana distribusi arus menggunakan polinomial Chebyshev untuk susunan seri antenna mikrostrip dengan enam patch persegi panjang?
3. Bagaimana analisis hasil perbandingan antenna yang dirancang dengan simulasi dan realisasinya?

### 1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan berdasarkan latar belakang adalah sebagai berikut:

1. Mampu merancang dan merealisasikan antenna mikrostrip susunan seri enam patch persegi panjang yang bekerja pada frekuensi 5,2 Ghz.
2. Mampu merancang dan merealisasikan antenna susunan mikrostrip dengan distribusi polinomial Chebyshev.
3. Dapat melakukan optimasi sehingga didapatkan parameter yang diinginkan.
4. Mampu melakukan pengukuran dan analisis parameter terhadap antenna yang dirancang dan direalisasikan.

## II. Perancangan Dimensi Antena

Proses perancangan dimensi antenna dan sistem pencatuannya diuraikan sebagai berikut:

### A. Perancangan Dimensi Antena

Pada penelitian tugas akhir ini akan dirancang microstrip array dengan susunan seri enam elemen menggunakan patch persegi panjang (*rectangular*). Sebelum merancang ke dalam pola array, diperlukan perancangan patch elemen tunggal sesuai spesifikasi yang diinginkan terlebih dahulu dengan memperhatikan frekuensi kerja, jenis substrat dan ketebalan substrat. Adapun tahapan perhitungan dimensi untuk patch tunggal dari antenna yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung lebar patch ( $W_p$ )

untuk mendapatkan lebar patch digunakan persamaan berikut:

$$W_p = \frac{3 \times 10^8}{2 \cdot 5,2 \times 10^9} \frac{1}{\sqrt{4,4 + 1}}$$

$$= 17.5552 \text{ mm}$$

- 2) Menghitung panjang patch (L):  
 Sedangkan untuk menghitung nilai L dari patch, perlu menghitung nilai permitivitas efektif ( $\epsilon_{reff}$ ) dan  $\Delta L/h$  terlebih dahulu menggunakan persamaan (2.11) :

$$\epsilon_{reff} = \frac{4,4+1}{2} + \frac{4,4-1}{2} \left(1 + 12 \frac{1,6}{17,5552}\right)^{-1} = 3.8748$$



$$\frac{\Delta l}{h} = 0,412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) [h + 0.264]}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \frac{h}{0.813} + h} = 0.45341$$

dan menggunakan persamaan (2.12) didapatkan nilai dari  $\Delta l$   $\Delta l = 0.45341 \times 1.6 \text{ mm} = 0.7254 \text{ mm}$   
 Maka panjang patch adalah:

$$L = \frac{h}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta l = 13.2 \text{ mm}$$

- 3) Lebar *ground plane* ( $W_g$ )  
 $W_g \geq 6h + W_p$   
 $W_g \geq 27.1552 \text{ mm}$

- 4) Panjang *ground plane* ( $L_g$ )  
 $L_g \geq 6h + L$   
 $L_g \geq 22.8 \text{ mm}$

- 5) Lebar *feed line* ( $W_f$ )

$$W_f = \frac{60\pi}{40\sqrt{\epsilon_r}} = 5.6461$$

Kemudian nilai B dimasukan pada persamaan berikut:

$$\frac{W_f}{h} = \frac{1}{\pi} \left[ \left(\frac{W_f}{h}\right)^2 - 1 - \ln\left(\frac{W_f}{h} - 1\right) + \frac{1}{2\frac{W_f}{h}} \left\{ \ln\left(\frac{W_f}{h} - 1\right) + 0.39 \frac{0.61}{\frac{W_f}{h}} \right\} \right]$$

$$\frac{W_f}{h} = 3.21276 \text{ mm}$$

- 6) Panjang *feed line* ( $L_f$ )

Berdasarkan persamaan (2.26), (2.27), dan (2.28) maka panjang feed line didapatkan senilai berikut:

$$L_f = \frac{L}{4\epsilon_{reff}\sqrt{\epsilon_r}} = 6.8759 \text{ mm}$$

B. Perancangan Antena dengan Distribusi Dolph-Chebyshev

- 1) Tahap pertama  
 Pada antena yang akan dirancang jumlah komponen (n) adalah sebanyak enam patch. Maka polinom Dolph yang akan digunakan adalah :  $T_{6-1}(x) = T_5(x)$  yaitu  $T_5(x) = 16x^5 - 20x^3 + 5x$
- 2) Tahap kedua  
 Pada tahap ini akan ditentukan nilai  $X_0$  dengan  $R=20$  dan  $m= n-1=3$  dengan persamaan berikut:

$$\phi_0 = 1/2 [(R + \sqrt{\phi^2 - 1})^{1/\phi} + (R - \sqrt{\phi^2 - 1})^{1/\phi}]$$

$$\phi_0 = 1.28$$

3) Tahap ketiga

Dengan diketahuinya nilai  $X_0$  diatas yang bernilai  $>1$ , nilai  $R > 1$  dan  $\phi = \cos(\frac{\psi}{2})$ . Maka dilakukan perubahan skala  $\phi \rightarrow \phi'$

$$|\phi| = \frac{\phi'}{\phi_0} \rightarrow \phi' = \phi_0 \phi$$

4) Tahap keempat

Selanjutnya perlu ditentukan medan jauh dari medan listrik total antenna ( $E_{ne}$ ). Karena antenna susunan yang akan dirancang memiliki enam elemen ( $n=6$ ), maka:

$$E_{ne} = 2 \sum_{k=0}^{\frac{n}{2}} \phi_k \cdot \cos((2k+1)\frac{\psi}{2})$$

Jika  $n=6$ , maka persamaan setengah medan totalnya adalah:

$$E_{ne}(\phi) = \phi_0 \cdot \cos(\frac{\psi}{2}) + \phi_1 \cdot \cos(3\frac{\psi}{2}) + \phi_2 \cdot \cos((2k+1)\frac{\psi}{2})$$

Jika  $\cos \frac{\psi}{2} = \phi$ ,  $\cos 3\frac{\psi}{2} = 4\phi^3 - 3\phi$  dan  $\cos 5\frac{\psi}{2} = 16\phi^5 - 20\phi^3 + 5\phi$ , maka:

dengan penskalaan  $\phi = \frac{\phi'}{1.52}$  maka,

$$E_{ne}(\phi) = (\phi_0 - \phi_1 + \phi_2) \frac{1}{1.28} + (4\phi_1 - 20\phi_2) \frac{1}{1.28^3} + 16\phi_2 \left(\frac{1}{1.28}\right)^5$$

5) Tahap kelima

Penyetaraan setengah medan total dan polinomial chebyshev

$$E_{ne}(\phi) |_{\phi=1} = E_{ne}(\phi) = \phi_5(\phi) = \phi_5(\phi)^5 - 20\phi^3 + 5\phi = 16\phi^5$$

Untuk mencari koefisien eksitasi saluran transmisi  $A_0, A_1$  dan  $A_2$  dicari menggunakan dengan teknik persamaan parsial seperti berikut:

$$\frac{16\phi_2}{(1.28^5)} \phi^5 = 16\phi^5$$

$$\phi_2 = 3.436$$

$A_1$  dicari dengan persamaan yang sama:

$$\frac{20\phi_2 - 4\phi_1}{(1.28^3)} = -20\phi^3$$

$$\phi_1 = 6.714$$

Dengan demikian maka nilai  $\phi_0$  dapat ditentukan dengan substitusi  $\phi_2$  dan  $\phi_1$  maka didapatkan hasil berikut:

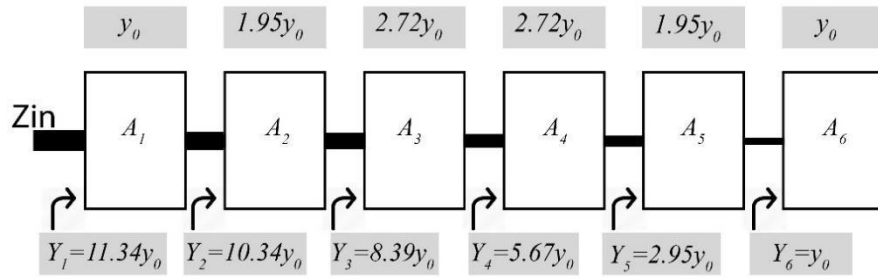
$$\left(\frac{5\phi_0 - 3\phi_1 + \phi_2}{1.28}\right)^0 = 5\phi$$

$$\phi_0 = 9.35$$

Koefisien eksitasi yang didapatkan dari perhitungan diatas adalah:

$\phi_0 = 9.35$ ,  $\phi_1 = 6.714$  dan  $\phi_2 = 3.436$ . Nilai  $A_0$ ,  $A_1$  dan  $A_2$  tersebut dinormalisasi menjadi:

$\phi_0 = 2.72$ ,  $\phi_1 = 1.954$  dan  $\phi_2 = 1$ .



Gambar 1 Distribusi Chebyshev pada antenna yang dirancang

$$\epsilon_n = \frac{1}{\epsilon_{n-1}}$$

$$\epsilon_6 = 1/\epsilon_5 \text{ maka } \epsilon_6 = 680 \Omega$$

$$\epsilon_5 = 1/\epsilon_4 \text{ maka } \epsilon_5 = 230,785 \Omega$$

$$\epsilon_4 = 1/\epsilon_3 \text{ maka } \epsilon_4 = 120,073 \Omega$$

$$\epsilon_3 = 1/\epsilon_2 \text{ maka } \epsilon_3 = 81,146 \Omega$$

$$\epsilon_2 = 1/\epsilon_1 \text{ maka } \epsilon_2 = 65,84 \Omega$$

$$\epsilon_1 = 1/\epsilon_0 \text{ maka } \epsilon_1 = 60,03 \Omega$$

Jika diketahui impedansi intrinsic saluran transmisi ( $\epsilon_{in}$ ) adalah 50  $\Omega$ , maka impedansi pada transformator  $Z_{Tr}$  dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [1]:

$$\epsilon_{in} = \sqrt{\epsilon_n \cdot \epsilon_1} =$$

54,79.

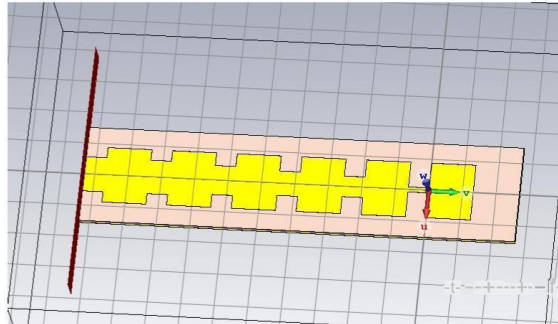
Tabel 1 Lebar Pencatu Antena

n	$Z_n(\Omega)$	$W_f$ (mm)
Tr	54,79	6.45
2	65,843	4,55
3	81,146	2.85
4	120,073	2.67
5	230,785	1.58
6	680,815	0.64

Tabel 2 Dimensi antenna sebelum dan Setelah Optimasi

NO	Parameter	Nilai Sesuai Perhitungan (mm)	Nilai Setelah Optimasi (mm)
1	t	0,035	0,035
2	h	1,6	1,6
3	L	13,2	13,2
4	W	17,55	16,7
5	$L_f$	6,87	6,18
6	$W_{f1}$	6.45	6,6
7	$W_{f2}$	4.55	5,2
8	$W_{f3}$	2.85	4,4
9	W	2.67	4,2

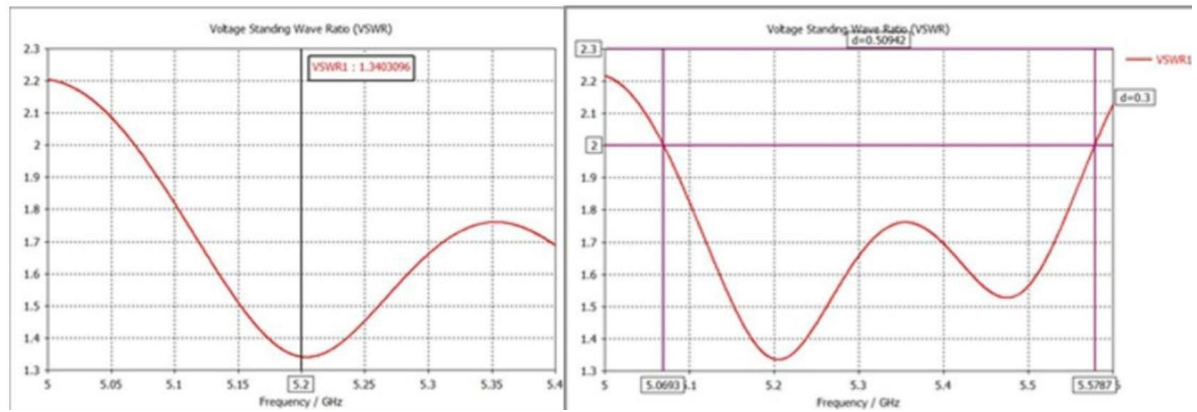
10	$W_{f5}$	1.58	2,1
11	$W_{f6}$	0.64	1,2
12	$L_g$	$\geq 130.2$	125.8
12	$W_g$	$\geq 27.15$	30



Gambar 2 Tampilan rancangan antenna mikrostrip

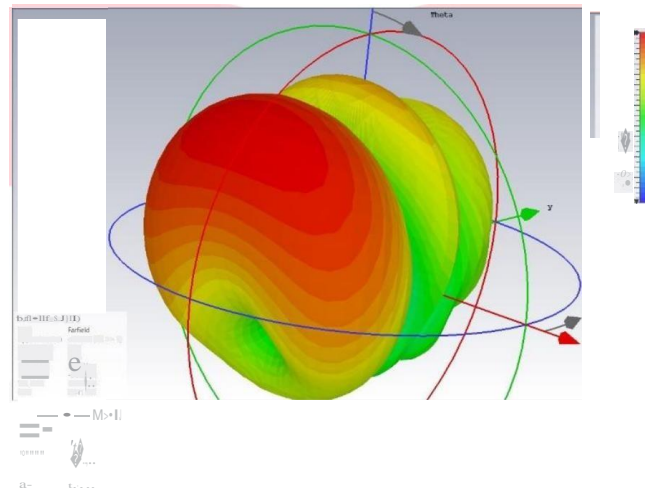
Parameter yang disimulasikan meliputi frekuensi kerja, VSWR, *return loss*, *bandwidth*, pola radiasi, *gain*, direktivitas, dan polarisasi. Berikut merupakan parameter hasil dari perhitungan dan optimasi yang telah dilakukan.

**VSWR**



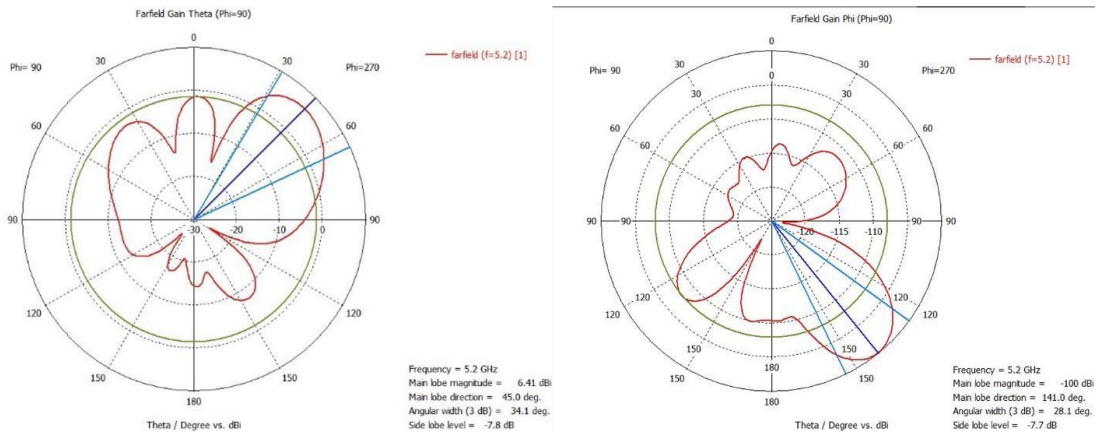
Gambar 3 Nilai VSWR (kiri) dan bandwith (kanan) hasil simulasi

**Pola radiasi**



Gambar 5 pola radiasi dan gain dari antenna array





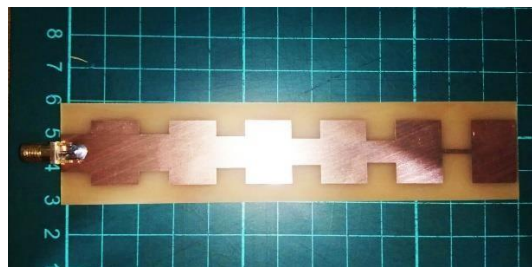
Gambar 6 Pola Radiasi Arah Elevasi (kiri) dan Azimuth (kanan)

III. Realisasi, Pengukuran, dan Analisis

A. Berikut merupakan alat dan bahan yang diperlukan dalam membuat realisasi prototipe antenna yang dirancang:

- Tembaga denan tebal 0,035 mm sebagai bahan patch, saluran transmisi, dan groundplane
- Substrat menggunakan FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm dan  $\epsilon_r = 4,1$
- Konektor SMA jenis female

Prototipe antenna yang dibuat dalam penelitian ini diperlihatkan pada gambar 8.



Gambar 8 realisasi Prototipe Antena Arra

B. Analisis Hasil pengukuran dan simulasi

No	Parameter	Simulasi Antena Single	Simulasi Antena Array	Pengukuran Antena
1	VSWR	1,8267	1,3403	1,8082
2	Bandwidth	$\pm 173$ Mhz	$\pm 509,6$ MHz	$\pm 93$ MHz
3	Gain	3,638 dBi	6,411 dBi	5,801 dBi
4	Sidelobe level elevasi	-14,6 dB	-7,8 dB	-19,6
5	Sidelobe level azimuth	-0,9 dB	-7,7 dB	-16,6
6	Polarisasi/axial ratio	Linear/40	Linear/40	Elips/22,88

## IV. Kesimpulan dan Saran

### A. Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan, simulasi, realisasi dan pengukuran, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Parameter VSWR, return loss, dan bandwidth telah memenuhi spesifikasi antenna susun dengan 6 elemen menggunakan distribusi dolph-chebyshev.
2. Polarisasi yang dihasilkan adalah elips berbeda pada simulasi yang adalah linier
3. Berdasarkan perbandingan nilai parameter yang didapatkan dari patch tunggal dengan penambahan patch dan distribusi Chebyshev pada simulasi terdapat peningkatan gain dari 3.638 dBi menjadi 6,411 dBi dengan selisih peningkatan gain sebesar 2.773 dBi

### B. Saran

Untuk mendapatkan performa terbaik dari antenna terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengukuran antenna akan menjadi lebih baik apabila dilakukan pada lingkungan yang tidak terdapat interferensi atau pada anechoic chamber sehingga hasil pengukuran tidak berbeda jauh dengan hasil simulasi
2. Ketelitian ketika fabrikasi antenna dan pemasangan konektor lebih ditingkatkan agar mengurangi perbedaan yang terjadi antara simulasi dan pengukuran
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan metode tambahan untuk meningkatkan karakteristik antenna dengan metode matching impedansi menggunakan inset atau mengubah rancangan patch dengan bentuk lain atau menambahkan gap.

### Daftar Pustaka

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, Canada: John Wiley & Sons, 2005.
- [2] K. Ding, C. Gao, T. Yu, D. Qu and B. Zhang, "Gain-Improved Broadband Circularly Polarized Antenna Array With Parasitic Patches," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, no. 99, pp. 1468-1471, 2017.
- [3] D. Angela, Y. Wahyu and T. A. Porayow, "Desain dan Implementasi Antena Susunan Mikristrip Patch Persegi Panjang Empat Elemen apda 2.3 Ghz menggunakan teknik Pencatutan dengan Distribusi Dolph-Tchebyscheff," Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, 201.
- [4] AIR802, "AIR802," AIR802, 2006. [Online]. Available: <https://www.air802.com/ieee-802.11-standards-facts-amp-channels.html>. [Accessed 22 Februari 2019].
- [5] D.-G. Fang, *Antenna Theory and Microstrip Antennas*, Boca Raton: CRC Press, 2010.
- [6] Fakultas Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, Modul kuliah Antena dan propagasi, Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom, 2008.
- [7] Powerful Signal , "Directional or Omnidirectional: Which Antenna Is Best?," Wilson Proway, 13 September 2016. [Online]. Available: <https://www.wilsonproway.com/blog/directional-or-omnidirectional-which-antenna-is-best/>. [Accessed 23 Februari 2019].
- [8] P. B. I. B. A. i. Ramesh Garg, *Microstrip Antenna Design handbook*, Norwood: Artech house Inc., 2001.
- [9] R. J. M. John D. Krauss, *Antennas For All Application*, New York: McGraw-Hill, 1997.
- [10] Y. K. M. Ramesh, "Design Formula for Inset Fed Microstrip," *Journal of Microwaves and Optoelectronics*, p. 5, 2003.