#### ISSN: 2355-9365

# DESAIN DAN IMPLEMENTASI ANTENA SUSUN MIKROSTRIP DENGAN PATCH PERSEGI PANJANG PADA 2,4 GHZ MENGGUNAKAN DISTRIBUSI ARUS DOLPH-CHEBYSHEV

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF RECTANGULAR MICROSTRIP PATCH ARRAY ANTENNA AT 2,4GHZ WITH DOLPH-CHEBYSHEV CURRENT DISTRIBUTION Anastasia Vera Ruth<sup>1</sup>, Nachwan Mufti A<sup>2</sup>, Levy Olivia Nur<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Tehnik Telekomunikasi, Fakultas Tehnik Elektro, Universitas Telkom
<sup>1</sup> anastasiavera@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>Nachwan@telkomuniversity.ac.id,
<sup>3</sup>Levy@telkomuniversity.ac.id

#### **Abstrak**

Pada era komunikasi modern ini dibutuhkan perangkat antena yang ringan, murah, dan mudah untuk melakukan instalasi. Banyak perangkat transmisi yang membutuhkan antena dengan spesifikasi ini, dan spesifikasi tersebut bisa didapatkan pada antena mikrostrip. Namun kelemahan dari antena mikrostrip adalah *gain* yang kecil hanya sekitar 5 dB. Oleh karena itu dilakukan penyusunan antena lebih dari satu elemen dengan tujuan mendapatkan *gain* yang besar. Pada antena susun diperlukan distribusi arus, contohnya seperti *binomial*, *uniform*, dan *Dolph-Chebyshev*. Distribusi arus ini berguna untuk mengurangi *side lobe* dan *beamwidth* yang lebar.

Pada penelitian ini dirancang antena susun lima elemen mikrostrip dengan frekuensi kerja 2,4 GHz dengan distribusi dolph-chebyshev. Adapun spesifikasi yang diinginkan adalah; VSWR  $\leq$  2,  $return loss \leq$  -10 Db, dengan pola radiasi unidireksional dan polarisasi linear. Pada proses realisasi digunakan bahan substrat FR-4 dengan konstanta dielektrik bernilai 4,4 serta ketebalan ketebalan 1,6 mm.

Pada akhir proses penelitian dilakukan perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Hasil pengukuran dari antena menunjukkan bahwa VSWR 1,2285 dengan *return loss -*21,462 dB, pola radiasi elips dan polarisasi sirkular.

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

### Abstract

In this modern era of communication, antenna devices that are lightweight, inexpensive, and easy to install are needed. Many transmission devices require antennas with this specification, and these specifications can be found on microstrip antennas. But the disadvantage of microstrip antennas is the small gain of only about 5 dB. Therefore, the antenna is arranged more than one element with the aim of getting a large gain. The array antenna requires the distribution of current, for example binomials, uniforms, and Dolph-Chebyshev. This current distribution is useful to reduce side lobes and wide beamwidth.

In this study, the antenna designed for stacking five microstrip elements with a working frequency of 2.4 GHz with the dolph-chebyshev distribution. The desired specifications are;  $VSWR \le 2$ , return loss  $\le -10$  Db, with unidirectional radiation patterns and linear polarization. In the realization process the FR-4 substrate material is used with a dielectric constant of 4.4 and thickness of 1.6 mm.

At the of the process, the simulation results and the measurements results are compared. The measurement results of the antenna show that VSWR 1.22285 with a return loss of -21,462 dB, elliptical radiation patterns and circular polarization.

Keywords: microstrip antenna, current distribution, array antenna, Dolph-Chebyshev

# 1. Pendahuluan

ISSN: 2355-9365

Pada era komunikasi modern ini dibutuhkan perangkat antena yang ringan, murah, dan mudah untuk melakukan instalasi. Banyak perangkat transmisi yang membutuhkan antena dengan spesifikasi ini, dan spesifikasi tersebut bisa didapatkan pada antena mikrostrip. Namun kelemahan dari antena mikrostrip adalah *gain* yang kecil hanya sekitar 5 dBi [1]. Oleh karena itu dilakukan penyusunan antena lebih dari satu elemen dengan tujuan mendapatkan *gain* yang besar. Pada antena susun diperlukan distribusi arus, contohnya seperti *binomial*, *uniform*, dan *Dolph-Chebyshev*. Distribusi arus ini berguna untuk mengurangi *side lobe* dan *beamwidth* yang lebar. [2]

Tugas akhir ini merupakan pengembangan dari tugas akhir sebelumnya. Pada tugas akhir sebelumnya [2] menggunakan antena susun dengan 4 buah elemen sedangkan pada tugas akhir ini menggunakan 5 buah elemen. Penambahan jumlah elemen ini dilatar belakangi karena pada tugas akhir sebelumnya antena susunan yang dihasilkan masih membutuhkan optimasi lagi agar menjadi antena susunan yang lebih baik. Pada tugas akhir ini telah dirancang dan direalisasikan sebuah antena mikrostrip dengan menggunakan distribusi arus *Dolph-Chebyshev* dan teknik pencatuan *microstrip line*. Antena disusun dengan 5 buah antena mikrostrip secara seri dengan bentuk persegi panjang dan bekerja pada frekuensi 2,4 GHz.

#### 2. Perancangan Antena

Proses perancangan dimensi antena dan sistem pencatuannya diuraikan sebagai berikut:

#### 2.1 Perancangan Dimensi Antena

Antena yang akan dirancang dan direalisasikan adalah antena mikrostrip dengan *patch rectangular* menggunakan lima elemen yang disusun secara seri menggunakan distribusi arus *Dolph-Chebyshev*.

Untuk perancangannya akan dilakukan perhitungan terlebih dahulu terhadap *ground plane, substrate,* dan *patch* 

Bahan utama untuk perancangan ini menggunakan copper anneled dengan ketebalan h, dimensi L dan W.

• Frekuensi : 2,4 GHz

•  $\varepsilon_r$  FR4 : 4,4

• tebal substrat h: 1,6 mm

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,4} \sqrt{\frac{2}{4,4+1}} = 38,04 \ mm$$

Diperoleh W (lebar patch) = 38,04 mm

Untuk menghitung L (panjang patch) perlu dilakukan beberapa persamaan:

$$\varepsilon_{reff} = \frac{_{4,4+1}}{^2} + \frac{_{4,4-1}}{^2} \left[ \left( 1 + 12 \frac{_{1.6}}{_{38,04}} \right)^{-1/2} \right] = 4,086$$

$$L_{eff} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2.4 \sqrt{4,086}} = 30,92mm$$

$$\frac{\Delta l}{h} = 0.412 \frac{(4.086 + 0.3) \left(\frac{38.04}{1.6} + 0.264\right)}{(4.086 - 0.258) \left(\frac{38.04}{1.6} + 0.8\right)} = 0.7388 \ mm$$

$$L = 30,92 - 2 \times 0,7529 = 29,44 \, mm$$

Dari seluruh persamaan diatas maka diperoleh nilai L=29,44 mm

#### ISSN: 2355-9365

#### 2.2 Perancangan Antena Susunan dengan Distribusi Dolph Chebyshev

Dolph-Chebyshev memiliki dua sifat utama yaitu perbandingan mainlobe dan sidelobe akan maksimum jika lebar berkas ditentukan, dan lebar berkas akan minimum jika mainlobe dan sidelobe ditentukan. Perbandingan antara mainlobe dan sidelobe dapat disebut R. Pengitungan koefisien susunan antena dibagi menjadi lima tahap yaitu:

#### 1. Tahap pertama

Pada antena yang akan dirancang, ditentukan jumlah elemen yang digunakan (n) maka akan mendapatkan bentuk polinom *Dolph-Chebyshev*. Jumlah n adalah lima sehingga polinom *Dolph-Chebyshev* adalah:  $T_{5-1}(x) = T_4(x)$ .  $T_4(x) = 8x^4 - 8x^2 + 1$ 

#### 2. Tahap kedua

Penentuan dari  $X_0$  dengan nilai R=20 dan m=n-1=4. Didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.14)

$$x_0 = \frac{1}{2} \left[ \left( 20 + \sqrt{20^2 - 1} \right)^{1/4} + \left( 20 - \sqrt{20^2 - 1} \right)^{1/4} \right] = 1,46$$

# 3. Tahap ketiga

Tahap ini mengubah skala x menjadi w menggunakan persamaan (2.15) sehingga didapatkan:

$$w = \frac{x}{1.46}$$
 untuk  $w = \cos \frac{\varphi}{2}$ 

#### 4. Tahap keempat

Tahap ini dilakukan persamaan setengah medan total (n=5)

$$E_5 = A_0 \cos 0 + A_1 \cos 2 \frac{\varphi}{2} + A_2 \cos 4 \frac{\varphi}{2}$$

Substitusi dengan w setelah penyekalan

$$E_5(w) = A_0 + A_1(2w^2 + 1) + A_2(8w^4 - 8w^4 - 8w^2 + 1)$$

$$E_5(w) = (8A_2)w^4 - (-2A_1 + 8A_2)w^2 + (A_0 + A_1 + A_2)$$

#### 5. Tahap kelima

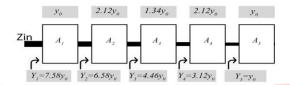
Dilakukan penyetaraan  $E_n(w)$  dengan  $T_{n-1}(x)$  dengan  $w = \frac{x}{1.46}$  menggunakan persamaan (2.18) sehingga akan didapatkan

$$E_5(w) = \left(\frac{8A_2}{1,46^4}\right)x^4 = 8x^4$$
 ;  $A_2 = 4,54$ 

$$-\left(\frac{-2A_1+8A_2}{1,46^2}\right)x^2 = -8x^2 \quad ; A_1 = 9,63$$

$$A_2 - A_1 + A_0 = 1 ; A_0 = 6,09$$

koefisien eksitasi saluran yang dihasilkan dari perhitungan adalah:  $A_2 = 4,54$ ,  $A_1 = 9,63$ , dan  $A_0 = 6,09$ . Setelah didapatkan nilai dari koefisien eksitasi saluran maka dilakukan normalisasi sehingga didapatkan  $A_2 = 1$ ,  $A_1 = 2,12$  dan  $A_0 = 1,34$ . Gambar 2.1 menunjukkan struktur antena susun hasil perhitungan. Besar impedansi masing-masing saluran mikrostripnya adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Struktur Antena Susun Distribusi Arus Dolph Chebyshev

untuk mendapatkan impedansi dari tiap pencatu maka perlu mencari nilai dari R<sub>in</sub> dengan memasukkan pada persamaan (2.22)

$$R_{in} = 90 \frac{(4,4)^2}{4,4-1} \left(\frac{29,44}{38,04}\right) = 424,43$$

Dengan memasukkan nilai pada persamaan (2.21) maka impedansi tiap pencatu adalah:

$$Z_5=1/Y_5$$
 maka  $Z_5=424,\!43~\Omega$ 

$$Z4 = 1/Y_4$$
 maka  $Z_4 = 136,035 \Omega$ 

$$Z3 = 1/Y_3$$
 maka  $Z_3 = 95,164 \Omega$ 

$$Z_2 = 1/Y_2$$
 maka  $Z_2 = 64,503 \Omega$ 

$$Z_1 = 1/Y_1 \text{ maka } Z_1 = 55,993 \Omega$$

Untuk nilai dari  $Z_{tr}$  didapatkan dengan persamaan (2.23) maka akan didapatkan:

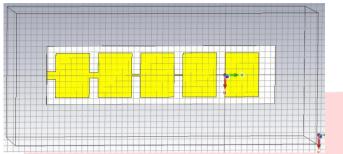
$$Z_{tr} = \sqrt{50 \times 55,993} = 52,912 \,\Omega$$

#### 2.3 Simulasi dan Optimasi

Simulasi perancangan antena dilakukkan menggunakan *software* CST Studio Suite hasil dari simulasi dapat dilihat pada tabel 3.1 dan pemodelan pada simulasi pada gambar 3.1:

Tabel 2.1 Dimensi Antena Sebelum dan Sesudah Optimasi

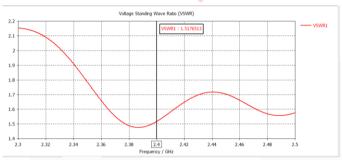
NO	Parameter	Nilai Sesuai Perhitungan (mm)	Nilai Setelah Optimasi (mm)
1	t	0,035	0,035
2	h	1,6	1,6
3	L	29,44	29,44
4	W	38,04	38,04
5	$L_{\mathrm{f}}$	7,65	7,65
6	$W_{\mathrm{fl}}$	6,87	6,87
7	$W_{f2}$	4,77	4,77
8	$W_{\mathrm{f3}}$	1,84	1,84
9	$ m W_{f4}$	1,05	1,05
10	$W_{ m f5}$	0,14	1,3
11	$L_{\rm g}$	≥ 39,04	200
12	$W_{g}$	≥ 47,64	50



Gambar 2.1 Perancangan Antena Susunan pada CST Studio Suite

Hasil dari simulasi dan optimasi ditunkukkan pada gambar (2.2) sampai dengan (2.5)

#### 2.3.1 VSWR



Gambar 2.2 Nilai VSWR

VSWR yang terbaca pada antena adalah 1,5176513 dan telah memenuhi standar parameter yang diinginkan  $(\leq 2)$  agar antena dapat direalisasikan.

#### 2.3.2 Pola Radiasi

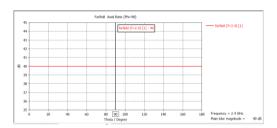


Gambar 2.3 Pola Radiasi Arah Elevasi

Gambar 2.4 Pola Radiasi Arah Azimuth

Gambar (3.5) dan (3.6) menunjukkan pola radiasi dari antena hasil simulasi yang menunjukkan arah elevasi dan azimuth. Pola radiasi dari antena yang dirancang menunjukkan bahwa unidireksional.

#### 2.3.3 Polarisasi



Gambar 2.5 Nilai Polarisasi

Untuk melihat jenis polarisasi antena yang dibuat, dapat dilihat dari tabel *axial ratio* yang tertera setelah simulasi. Dari tabel *axial ratio* pada gambar (3.11), dapat dilihat nilainya adalah 40. Dari nilai *axial ratio* ini dapat disimpulkan bahwa polarisasi yang dihasilkan adalah polarisasi linier.

#### 3. Realisasi dan Pengukuran

#### 3.1 Realisasi Antena

Bahan dan alat yang digunakan dalam pembuatan antena:

- Tembaga dengan ketebalan 0.035 mm yang digunakan sebagai bahan patch, groundplane, dan saluran transmisi.
- FR-4 dengan ketebalan h = 1,6 mm dan konstanta dielektrik  $\varepsilon_r = 4,4$
- Konektor SMA female

Antena realisasi pada penelitian dapat dilihat pada gambar (3.1)

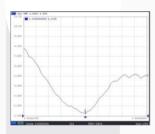


Gambar 3.1 Antena Realisasi

# 3.2 Pengukuran Parameter Antena

Pengukuran antena bertujuan untuk mengetahui karakteristik antena yang telah dirancang dan direalisasikan dan optimasi sesuai dengan spesifikasi awal yang telah ditentukan

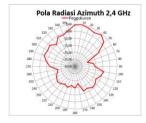
#### 3.2.1 **VSWR**



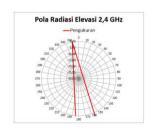
Gambar 3.2 Hasil Pengukuran VSWR

Untuk pengukuran VSWR pada frekuensi 2,4 GHz melihat pada parameter S11. Nilai VSWR yang dihasilkan adalah 1,2285.

#### 3.2.2 Pola Radiasi



Gambar 3.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi
Azimuth



Gambar 3.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Elevasi

Hasil dari pengukuran menunjukkan bahwa pola radiasi dari antena adalah unidireksional

#### ISSN: 2355-9365

#### 3.2.3 Polarisasi



#### Gambar 3.5 Hasil Pengukuran Polarisasi

Gambar (3.5) menunjukkan bahwa hasil dari polarisasi menunjukkan ellips.

#### 4. Analisis Hasil Pengukran

Untuk melihat hasil perbandingan dari hasil simulasi dan pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Perbandingan Simulasi dan Pengukuran

No	Parameter	Simulasi	Pengukuran
1	VSWR	1,5176513	1,2285
5	Axial ratio	40	3,07
6	Polarisasi	linier	Elips
7	Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional

Dapat dilihat bahwa hasil pengukuran menunjukkan polarisasi dari antena berubah menjadi ellips sedangkan untuk parameter yang lain menunjukkan tetap sesuai dengan parameter spesifikasi yang ditentukan.

#### 5. Kesimpulan

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

- 1. Parameter VSWR dan *return loss* telah memenuhi spesifikasi antena susun dengan 5 elemen menggunakan distribusi *dolph-chebyshev*.
- 2. Polarisasi yang dihasilkan adalah sirkular berbeda pada simulasi yang adalah linier.
- 3. Hasil pengukuran dari keseluruhan parameter cukup berbeda dengan hasil dari simulasi, hal ini dikarenakan pengukuran yang dilakukan pada tempat yang tidak ideal, ketelitian dari perangkat pengukuran dan interferensi dari lingkungan sekitar.
- 4. Antena susunan ini memerlukan optimasi lebih lanjut sehingga akan didapatkan performa antena yang lebih ideal.

#### **Daftar Pustaka**

- [1] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.
- [2] D. Angela, Y. Wahyu and T. A. Porayouw, "Desain dan Implementasi Antena Susunan Mikrostrip Patch Persegi Panjang Empat Elemen pada 2.3 GHz Menggunakan Teknik Pencatuan dengan Distribusi Dolph-Tschebyscheff," Departemen Teknik Elektro Institiut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, 2013.
- [3] F. Abdurahman, "Desain Antena Microstrip Rectangular untuk Wifi pada Frekuensi 2.462 GHz dan 5.2 GHz," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.
- [4] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, Antenna Theory and Design, New York: John wiley & Sons, 1998.
- [5] J. D. Kraus and R. J. Marhefka, Antennas, New Delhi: Tata McGraw-Hill, 1997.
- [6] P. D. M, Microwave Engineering, New York: John Willey & Son, 2001.