

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 Ruth¹, Nachwan Mufti A², Levy Olivia Nur³

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

¹anastasiavera@student.telkomuniversity.ac.id, ²Nachwan@telkomuniversity.ac.id,

³Levy@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada era komunikasi modern ini dibutuhkan perangkat antenna yang ringan, murah, dan mudah untuk melakukan instalasi. Banyak perangkat transmisi yang membutuhkan antenna dengan spesifikasi ini, dan spesifikasi tersebut bisa didapatkan pada antenna mikrostrip. Namun kelemahan dari antenna mikrostrip adalah *gain* yang kecil hanya sekitar 5 dB. Oleh karena itu dilakukan penyusunan antenna lebih dari satu elemen dengan tujuan mendapatkan *gain* yang besar. Pada antenna 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 antenna 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 antenna menunjukkan bahwa $VSWR$ 1,2285 dengan $return\ loss$ -21,462 dB, pola radiasi elips dan polarisasi sirkular.

Kata kunci: *antenna mikrostrip, distribusi arus, antenna 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; $VSWR \leq 2$, $return\ loss \leq -10\ Db$, 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

Pada era komunikasi modern ini dibutuhkan perangkat antenna yang ringan, murah, dan mudah untuk melakukan instalasi. Banyak perangkat transmisi yang membutuhkan antenna dengan spesifikasi ini, dan spesifikasi tersebut bisa didapatkan pada antenna mikrostrip. Namun kelemahan dari antenna mikrostrip adalah *gain* yang kecil hanya sekitar 5 dBi [1]. Oleh karena itu dilakukan penyusunan antenna lebih dari satu elemen dengan tujuan mendapatkan *gain* yang besar. Pada antenna 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 antenna 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 antenna susunan yang dihasilkan masih membutuhkan optimasi lagi agar menjadi antenna susunan yang lebih baik. Pada tugas akhir ini telah dirancang dan direalisasikan sebuah antenna mikrostrip dengan menggunakan distribusi arus *Dolph-Chebyshev* dan teknik pencatutan *microstrip line*. Antenna disusun dengan 5 buah antenna mikrostrip secara seri dengan bentuk persegi panjang dan bekerja pada frekuensi 2,4 GHz.

2. Perancangan Antena

Proses perancangan dimensi antenna dan sistem pencatutannya diuraikan sebagai berikut:

2.1 Perancangan Dimensi Antena

Antena yang akan dirancang dan direalisasikan adalah antenna 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
- ϵ_r FR4 : 4,4
- tebal substrat h : 1,6 mm

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

Diperoleh W (lebar *patch*) = 38,04 mm

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

$$\epsilon_{reff} = \frac{4,4+1}{2} + \frac{4,4-1}{2} \left[\left(1 + 12 \frac{1,6}{38,04} \right)^{-1/2} \right] = 4,086$$

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

$$\frac{\Delta l}{h} = 0,412 \frac{(4,086+0,3) \left(\frac{38,04}{1,6} + 0,264 \right)}{(4,086-0,258) \left(\frac{38,04}{1,6} + 0,8 \right)} = 0,7388 \text{ mm}$$

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

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

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)

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

3. Tahap ketiga

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

$$w = \frac{x}{1,46} \quad \text{untuk} \quad w = \cos \frac{\varphi}{2}$$

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

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

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

5. Tahap kelima

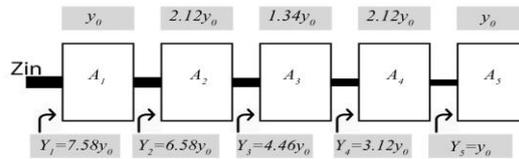
Dilakukan penyeteraan $E_n(w)$ dengan $T_{n-1}(x)$ dengan $w = \frac{x}{1,46}$ menggunakan persamaan (2.18) sehingga akan didapatkan

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

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

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

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_{in} 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:

$$Z_5 = 1/Y_5 \text{ maka } Z_5 = 424,43 \Omega$$

$$Z_4 = 1/Y_4 \text{ maka } Z_4 = 136,035 \Omega$$

$$Z_3 = 1/Y_3 \text{ maka } Z_3 = 95,164 \Omega$$

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

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

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

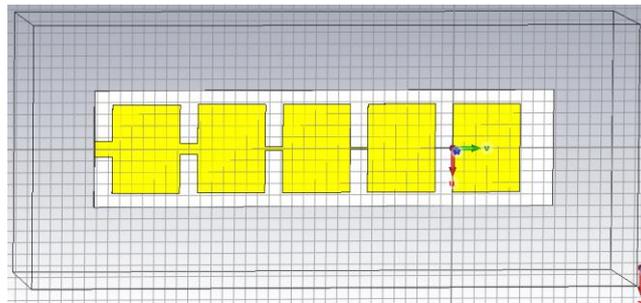
$$Z_{tr} = \sqrt{50 \times 55,993} = 52,912 \Omega$$

2.3 Simulasi dan Optimasi

Simulasi perancangan antena dilakukan 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

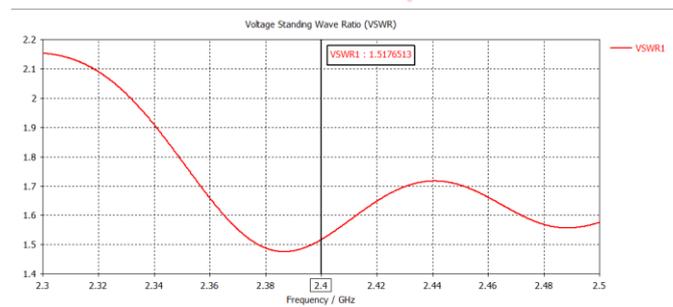
NO	Parameter	Nilai Sesuai Perhitungan (mm)	Nilai Setelah Optimasi (mm)
1	t	0,035	0,035
2	h	1,6	1,6
3	L	29,44	29,44
4	W	38,04	38,04
5	L_f	7,65	7,65
6	W_{f1}	6,87	6,87
7	W_{f2}	4,77	4,77
8	W_{f3}	1,84	1,84
9	W_{f4}	1,05	1,05
10	W_{f5}	0,14	1,3
11	L_g	$\geq 39,04$	200
12	W_g	$\geq 47,64$	50



Gambar 2.1 Perancangan Antena Susunan pada CST Studio Suite

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

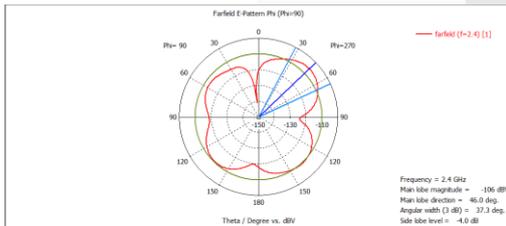
2.3.1 VSWR



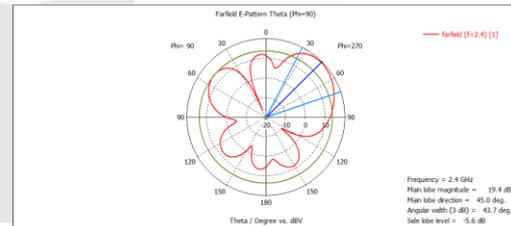
Gambar 2.2 Nilai VSWR

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

2.3.2 Pola Radiasi



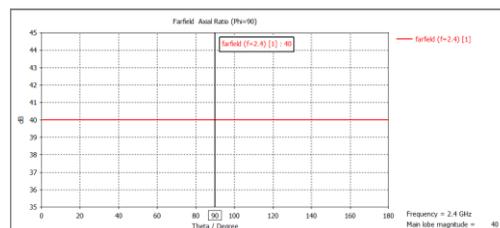
Gambar 2.3 Pola Radiasi Arah Elevasi



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 $\epsilon_r = 4,4$
- Konektor SMA *female*

Antena realisasi pada penelitian dapat dilihat pada gambar (3.1)

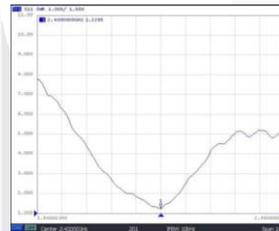


Gambar 3.1 Antena Realisasi

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

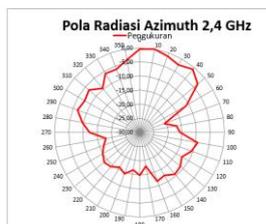
3.2.1 VSWR



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



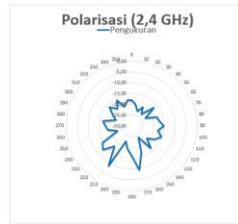
Gambar 3.3 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Azimuth



Gambar 3.4 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Elevasi

Hasil dari pengukuran menunjukkan bahwa pola radiasi dari antena adalah unidireksional

3.2.3 Polarisasi



Gambar 3.5 Hasil Pengukuran Polarisasi

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

4. Analisis Hasil Pengukuran

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	<i>Axial ratio</i>	40	3,07
6	Polarisasi	linier	Elips
7	Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional

Dapat dilihat bahwa hasil pengukuran menunjukkan polarisasi dari antenna 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 antenna 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 antenna 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 Mikrostrip 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.

