

PERANCANGAN ANTENA SUSUN KOLINIER 4 ELEMEN PADA FREKUENSI 2.4 GHz UNTUK APLIKASI WIRELESS LOCAL AREA NETWORK

Partomuan Gearry A J¹, Asep B Simanjuntak², Hanny Madiawati³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : partomuan.gearry.tkom18@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negei Bandung, Bandung 40012

²E-mail : absimanjuntak@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

³E-mail : hannymadiawati@polban.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini dirancang dan disimulasikan antena susun kolinier 4 elemen. Perancangan antena dimulai dari 1 *patch*, lalu 2 *patch* hingga 4 *patch* untuk melihat perbandingan pada pola radiasi, *gain*, dan *bandwidth* pada masing-masing antena. Penyusunan secara kolinier dipilih karena dapat meningkatkan direktivitas antena. Teknik pencatutan yang digunakan adalah *inset feed* yang memiliki keunggulan mudah dipabrikasi. Dalam perancangan ini bahan yang digunakan adalah Epoxy fiberglass FR4 untuk dielektrik dan tembaga untuk bagian *groundplane*. Spesifikasi antena yang dirancang meliputi frekuensi kerja 2,4 GHz, *Return loss* > 10 dB, *Bandwidth* > 40 Mhz, *Gain* > 5 dB. Hasil simulasi pada software CST Studio 2018 didapatkan spesifikasi antena kolinier dengan frekuensi kerja 2,4 GHz, *return loss* 21,1 dB, *gain* 6,412 dB, dan *bandwidth* 102 MHz dan pola radiasi unidireksional. Dengan demikian desain antena yang dibuat telah mencapai spesifikasi yang diharapkan

Kata Kunci

Antena Mikrostrip, Kolinier, WLAN, Inset Feed

1. PENDAHULUAN

Perkembangan komunikasi data mengalami banyak perkembangan. Komunikasi data yang dilakukan awalnya melalui kabel, kini secara pesat berkembang menggunakan teknologi wireless (tanpa kabel). IEEE (*Institute of Electrical dan Electronics Engineering*) telah membuat standard untuk jaringan wireless yang memiliki kode 802.11. Terdapat beberapa standar yang telah dikeluarkan dengan kode sebagai berikut yaitu 802.11b/a/g/n/ac/ax dan semua standard tersebut bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz dan/atau 5GHz [1]. Sehingga, penting untuk dibuatnya perangkat berupa antena yang dapat bekerja pada baik salah satu maupun kedua frekuensi tersebut untuk mendukung perkembangan teknologi komunikasi. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki masa ringan, mudah difabrikasi, dengan sifatnya yang konformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil jika dibandingkan dengan antena jenis lain. Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil. Namun dibalik kelebihanannya, antena mikrostrip memiliki kekurangan khususnya pada *gain* dan *bandwidth*. Untuk pengoptimalan pada *gain* dapat

dilakukan dengan metode array [2], juga dengan penambahan beban slot [3] ataupun dengan MIMO [4]. Sedangkan untuk peningkatan *bandwidth* dapat diatasi dengan teknik pencatutan proximity coupled [5]. Teknik pencatutan yang bisa digunakan seperti *Inset Feed* yang memiliki keunggulan pada kemudahan ketika perancangan dan realisasi, serta dapat meingkatkan nilai *return loss*. [6]

Penulis mengusulkan sebuah antena mikrostrip susun kolinier 4 elemen yang bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz dengan pencatutan *inset feed*. Teknik antena susun secara kolinier mampu meningkatkan *gain* serta meningkatkan direktivitas antena. Selain itu teknik pencatutan *inset feed* dapat meningkatkan nilai *return loss* dan cukup mampu meningkatkan *bandwidth*. Substrat yang digunakan adalah jenis FR4-Epoxy dengan konstanta dielektrik 4,4 - 4,6 dan tebal 1.6 mm. Pemilihan substrat jenis ini adalah karena nilai konstanta dielektriknya yang masih tergolong kecil sehingga *bandwidth* yang dihasilkan masih cukup lebar, selain itu harga dari substrat FR-4 cukup terjangkau. Material konduktor yang digunakan adalah tembaga dengan ketebalan 0.035 mm. Material tembaga ini digunakan pada patch dan ground dari antena mikrostrip

2. TEORI PENDUKUNG

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan antena yang terdiri/tersusun dari tiga lapisan, yakni bidang konduktor (*groundplan*), medium dielektrik (*substrate*) dan elemen peradiasi (*patch*). Antena mikrostrip memiliki dimensi yang tergolong kecil sehingga dapat digunakan untuk banyak aplikasi

2.2.1. Patch Persegi Panjang

Untuk mendapatkan dimensi antena berbentuk persegi panjang dapat digunakan persamaan berikut [7]

- Menentukan lebar *patch* (*W*)

$$W = \frac{C}{2fr\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} \quad (1)$$

- Menentukan panjang *patch*

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

Dimana L_{eff} merupakan panjang *patch* efektif dengan rumus

$$L_{eff} = \frac{C}{2fr\sqrt{L_{reff}}} \quad (3)$$

Parameter ΔL merupakan pertambahan panjang L akibat timbulnya *fringing effect* yang menyebabkan dimensi antena seolah lebih besar dari dimensi fisiknya. *Fringing effect* dapat dirumuskan dengan persamaan berikut

$$\Delta L = 0.412h x \frac{(\epsilon_{eff}+0,3)+(\frac{W}{h}+0,264)}{(\epsilon_{eff}-0,258)+(\frac{W}{h}+0,8)} \quad (4)$$

Dimana h merupakan tinggi substrat, W adalah lebar antena mikrostrip dan ϵ_{eff} adalah konstanta dielektrik relatif dengan rumus sebagai berikut

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \left[\frac{\epsilon_r-1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{W}}} \right) \right] \quad (5)$$

2.2.2. Dimensi saluran pencatu

Dimensi saluran pencatu dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$\frac{W_f}{h} = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r-1}{2\epsilon_r} \left(\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \quad (6)$$

dimana

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

ϵ_r = konstanta dielektrik

h = tebal substrat

teknik pencatutan yang digunakan adalah *inset feed* yang dapat dihitung dengan persamaan berikut

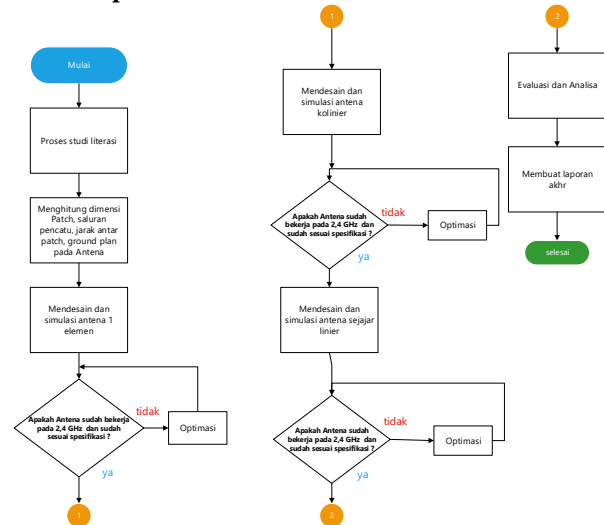
$$G_1 = \frac{1}{90} \left(\frac{W}{\lambda_0} \right)^2 \quad (7)$$

$$R_{in} = \frac{1}{2G_1} \quad (8)$$

$$R_{in}(y = y_0) = R_{in}(y = 0) \frac{1}{2G_1} \cos^2 \left(\frac{\pi}{L} y_0 \right) \quad (9)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Flowchart Perancangan

Untuk menghasilkan antena mikrostrip sesuai rancangan maka tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan studi literatur. Studi literature dilakukan untuk mempelajari teori-teori terkait perancangan antena seperti perhitungan dimensi antena, saluran pencatu, dan sebagainya. Selanjutnya, jika telah melakukan studi literature yang dilakukan adalah melakukan perhitungan-perhitungan pada komponen penyusun sebuah antena mikrostrip dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah didapat saat studi literasi. Jika perhitungan telah selesai maka dapat dilanjutkan pada proses simulasi pada *software* CST Studio 2018. Proses optimasi pada antena akan terus dilakukan hingga mendapatkan hasil yang sesuai spesifikasi

3.2 Perancangan

Tahap perancangan merupakan tahapan dari penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan hasil-hasil perhitungan yang akan digunakan pada tahap desain nantinya. Antena yang dirancang diharapkan mampu bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Substrat yang digunakan berbahan FR4 Epoxy

dengan nilai dielektrik sebesar 4,4 – 4,6 dan ketebalan 1,6 mm

3.2.1 Perancangan Antena 1 Elemen

Menentukan dimensi antena

- Lebar patch antena

$$W = \frac{c}{2fr\sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}}} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2,4 \times 10^9 \sqrt{\frac{4,4+1}{2}}} = 38,4 \text{ mm}$$

- Panjang Patch Antena

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \left[\frac{\epsilon_r-1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{h}{W}}} \right) \right] = \frac{4,4+1}{2} +$$

$$\left[\frac{4,4-1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+12\frac{1,6}{38,4}}} \right) \right] = 3,239$$

$$\Delta L = 0,412h \times \frac{(\epsilon_{eff}+0,3)+\left(\frac{W}{h}+0,264\right)}{(\epsilon_{eff}-0,258)+\left(\frac{W}{h}+0,8\right)} = 0,6526 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2fr\sqrt{\epsilon_{reff}}} = 30,2252 \text{ mm}$$

$$L = L_{eff} - 2\Delta L = 28,92 \text{ mm}$$

- Dimensi saluran pencatu

Untuk menghitung dimensi saluran pencatu dapat menggunakan Persamaan (6) dengan hasil sebagai berikut

$$W_{f50\Omega} = 3,05 \text{ mm}$$

$$W_{f70,7\Omega} = 1,59 \text{ mm}$$

$$W_{f100\Omega} = 0,7165 \text{ mm}$$

- Jarak Antar Patch

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2,4 \times 10^9} = 125 \text{ mm}$$

$$D = \frac{\lambda}{4} = \frac{125 \text{ mm}}{4} = 31,25 \text{ mm}$$

- Inset Feed

$$G_1 = \frac{1}{90} \left(\frac{W}{\epsilon_r} \right)^2 = \frac{1}{90} \left(\frac{38,4}{4,4} \right)^2 = 1,048 \times 10^3$$

$$R_{in} = \frac{1}{2G_1} = \frac{1}{2 \times 1,048 \times 10^3} = 477,09 \text{ ohm}$$

$$R_{in} = \frac{1}{2G_1} \cos^2 \left(\frac{\pi}{L} y_0 \right)$$

$$100 \Omega = 477,09 \Omega \cos^2 \left(\frac{3,14}{28,92 \text{ mm}} y_0 \right)$$

$$0,209 = \cos^2 \left(\frac{3,14}{28,92 \text{ mm}} y_0 \right)$$

$$0,1086 y_0 = \cos^{-1} \sqrt{0,2090}$$

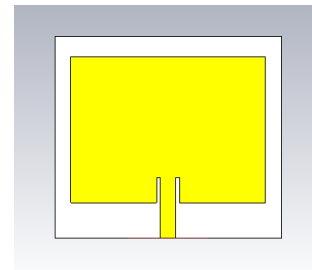
$$y_0 = \frac{1,096}{0,1086} = 10,09 \text{ mm}$$

Tabel 1. Dimensi hasil perhitungan

Parameter	Keterangan	Nilai
h	Tebal substrat	1,6 mm
Wp	Lebar Patch	38,4 mm
Lp	Panjang Patch	28,92 mm
Wf_50 ohm	Lebar Saluran pencatu 50 Ω	3,05 mm
Wf2_100 ohm	Lebar Saluran pencatu 100 Ω	0,7162 mm
Wf_70	Lebar Saluran pencatu 70.7 ohm	1,59 mm
t	Tebal konduktor	0,035 mm
Y ₀	Inset Length	10,09 mm
X ₀	Inset Gap	0,72 mm
d	Jarak Antar Patch	31,25 mm

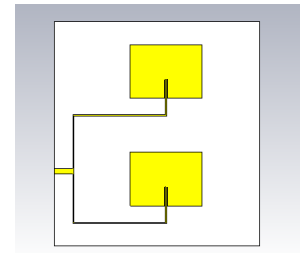
3.3 SIMULASI

3.3.1 SIMULASI ANTENA 1 ELEMEN



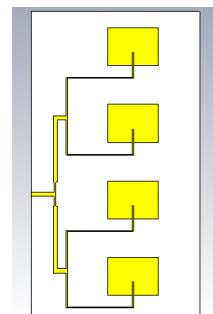
Gambar 2. Antena 1 elemen

3.3.2 SIMULASI ANTENA 2 ELEMEN



Gambar 3. Antena 2 elemen kolinier

3.3.3 SIMULASI ANTENA 4 ELEMEN



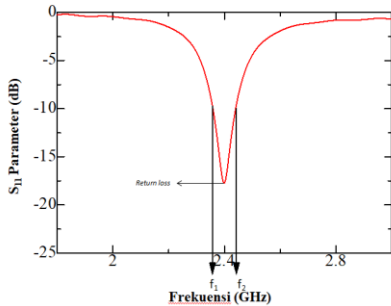
Gambar 4. Antena 4 elemen kolinier

Gambar 2 sampai Gambar 4 merupakan desain-desain antena yang telah dirancang. Desain antena tersebut akan disimulasikan dan dioptimasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Return Loss

- Antena 1 elemen



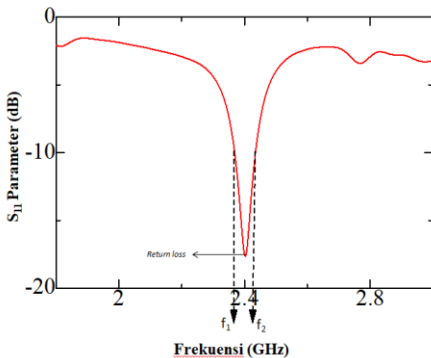
Gambar 5. Grafik S-Parameter Antena 1 elemen

Pada gambar 5 dapat dilihat frekuensi tengah pada 2,4 GHz, nilai *return loss*, frekuensi atas (f_2) dan bawah (f_1). Nilai frekuensi atas dan bawah dapat digunakan untuk mencari *bandwidth* dengan mengurangi frekuensi atas dengan bawah Untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel berikut

Tabel 2. Hasil simulasi Antena 1 elemen

	Frekuensi(MHz)	Return Loss (dB)
Frekuensi atas	2436	10
Frekuensi bawah	2362	10
Frekuensi tengah	2400	17,6
Bandwidth	74	

- Antena 2 elemen



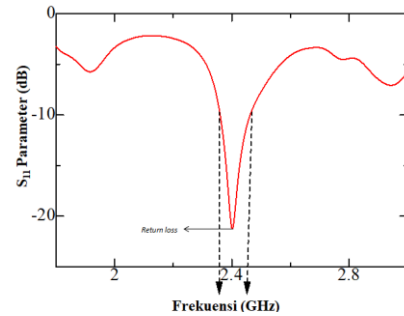
Gambar 6. Grafik S-Parameter Antena 2 elemen

Pada Gambar 6 dapat dilihat frekuensi tengah pada 2.4 GHz, nilai *return loss*, frekuensi atas (f_2) dan bawah (f_1). Nilai frekuensi atas dan bawah dapat digunakan untuk mencari *bandwidth* dengan mengurangi frekuensi atas dengan bawah Untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel 3 berikut

Tabel 3. Hasil simulasi antena 2 elemen

	Frekuensi(MHz)	Return Loss (dB)
Frekuensi atas	2434	10
Frekuensi bawah	2368	10
Frekuensi tengah	2400	17,5
Bandwidth	66	

- Antena 4 elemen



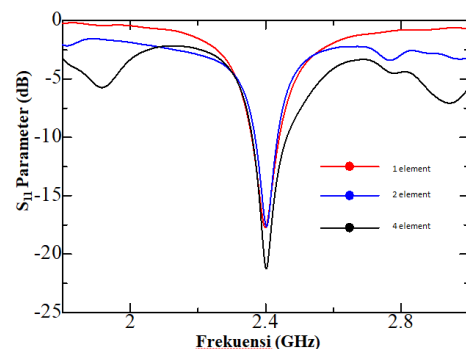
Gambar 7. Grafik S-Parameter Antena 4 elemen

Pada gambar 7, dapat dilihat frekuensi tengah pada 2.4 GHz, nilai *return loss*, frekuensi atas (f_2) dan bawah (f_1). Nilai frekuensi atas dan bawah dapat digunakan untuk mencari *bandwidth* dengan mengurangi frekuensi atas dengan bawah Untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel berikut

Tabel 4. Hasil simulasi antena 4 elemen

	Frekuensi(MHz)	Return Loss (dB)
Frekuensi atas	2462	10
Frekuensi bawah	2360	10
Frekuensi tengah	2400	21,2
Bandwidth	102	

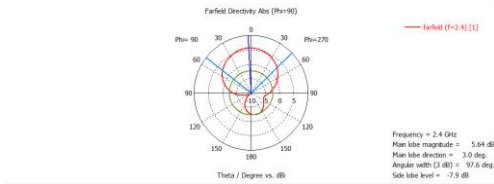
Perbandingan kurva dari masing-masing grafik dapat dilihat perbandingannya dengan lebih jelas pada gambar 11



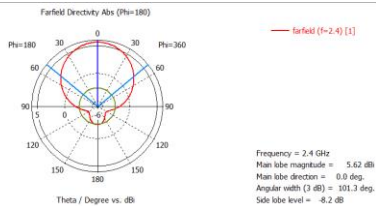
Gambar 8. Grafik S-Parameter Antena 1,2 dan 4 elemen.

4.2 POLA RADIASI

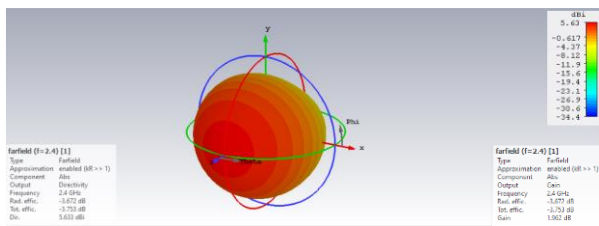
- Antena 1 elemen



Gambar 9. Pola radiasi E Plane Antena 1 elemen



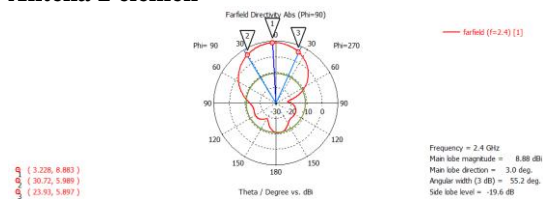
Gambar 10. Pola radiasi H Plane Antena 1 elemen



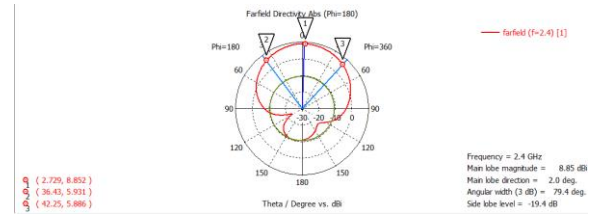
Gambar 11. Pola radiasi 3D Antena 1 elemen

Pola radiasi pada hasil 3 dimensi menunjukkan pola radiasi unidireksional untuk antena 1 elemen. Pada bidang 2 dimensi, tepatnya pada e-plane didapat nilai HPBW (Half power beamwidth) sebesar 97,6° sedangkan pada h-plane didapat nilai HPBW sebesar 101,3°.

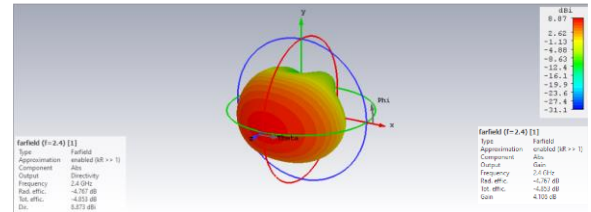
- Antena 2 elemen



Gambar 12. Pola radiasi E Plane Antena 2 elemen



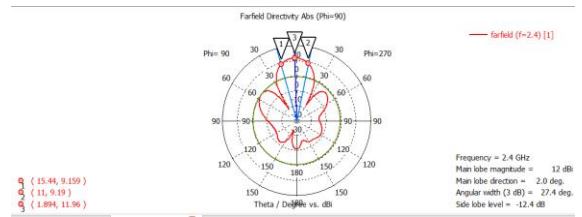
Gambar 13. Pola radiasi H Plane Antena 2 elemen



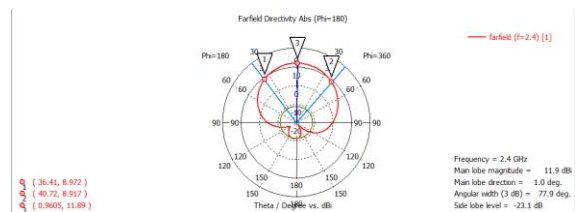
Gambar 14. Pola radiasi 3D antena 2 elemen

Pada pola radiasi 3 dimensi didapat nilai *directivity* dan gain masing-masing 8,873 dB dan 4,106 dB. HPBW pada e-plane sebesar 55,2° sedangkan pada h-plane besar sudutnya 79,4°

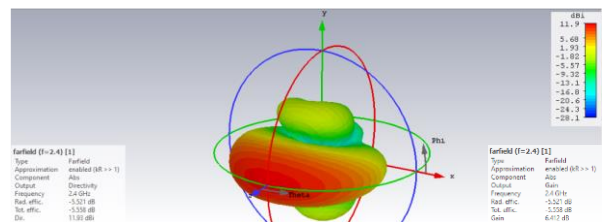
- Antena 4 elemen



Gambar 15. Pola radiasi E Plane Antena 4 elemen



Gambar 16. Pola radiasi H Plane Antena 4 elemen



Gambar 17. Antena 3D Antena 4 elemen

Pola radiasi yang dihasilkan pada antenna 4 elemen adalah unidireksional dengan direktivitas 11,93 dB dan *gain* 6,442 dB. Sudut HPBW (*half power beamwidth*) pada *e-plane* sebesar 27,4° sedangkan pada *h-plane* sebesar 77,9°.

Tabel 3. Perbandingan hasil pola radiasi

	1 elemen	2 elemen	4 elemen
Directivity(dBi)	5,633	8,873	11,93
HPBW	e-plane	97,6°	27,4°
	h-plane	101,3°	77,9°
Gain(dBi)	2,088	4,075	6,442
Efisiensi (%)	44,2%	33%	28%
Pola radiasi	Unidireksional	Unidireksional	Unidireksional

Pada pola radiasi hasil simulasi antenna terjadi penyempitan sudut HPBW (*Half Power Beamwidth*) pada pola radiasi *E-Plane*. Sedangkan pada pola radiasi *H-plane*, tidak terlalu terjadi penyempitan sudut HPBW dan cenderung bernilai konstan. Penyempitan sudut HPBW ternyata meningkatkan nilai direktivitas antenna. Selain itu pada setiap antenna, pola radiasi yang dimiliki ialah unidireksional.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

- 1) Antena 4 elemen kolinier telah bekerja sesuai spesifikasi dengan frekuensi kerja 2,4 GHz, *bandwidth* 102 MHz, *gain* 6,442 dBi, *return loss* 21,2 dB dan pola radiasi unidireksional
- 2) Penambahan jumlah elemen mampu meningkatkan *gain* dari antenna
- 3) Efisiensi antenna kolinier 4 elemen mengalami penurunan dibandingkan pada antenna 1 dan 2 elemen peradiasi

Agar penelitian selanjutnya dapat memperoleh peformasi antenna yang lebih baik, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan

- 1) Antena sebaiknya difabrikasi untuk mendapatkan hasil yang lebih valid terkait perancangan yang dilakukan
- 2) Jumlah elemen yang dirancang sebaiknya ditambah hingga menjadi 8 elemen agar mendapatkan data yang lebih banyak untuk proses analisa
- 3) Untuk meningkatkan *bandwidth*, dapat digunakan teknik pencatutan seperti *proximity coupled*

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak P3M Polban yang telah menyelenggarakan IRENS 2021 sebagai fasilitas publikasi dari penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nusa.net. www.nusa.net.id. [Online]. <https://www.nusa.net.id/blog/article/standar-protokol-jaringan-wireless-ieee-802-11/>
- [2] Nabilla Dwi Yulianti and Elisma, "Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x4 Patch Lingkaran," Industrial Research Workshop and National Seminar, Agustus 2020.
- [3] Junas Haidi, Alex Surapati, and Tri Riski Pahlovi, "Perancangan Antena Mikrostrip Multiband Bentuk Segi Empat 2 Patch Menggunakan Gabungan Metode Array dan Slot," SETRUM, vol. 6, Desember 2017.
- [4] Asri Wulandari, Rizki Martha Fithriani, and Fadli Kurniawan, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip MIMO 2x2 Untuk Aplikasi Wifi 802.11n Di Frekuensi 2.4 GHz," Politeknologi, vol. 16, Mei 2017.
- [5] Sri Marini, Sukwati Dewi Astrika, and Muhammad Ilyas Sikki, "Antena Mikrostrip Single Dual Band Untuk Komunikasi Satelit Pada Spektrum S-band dan Ku-Band," Journal of Electrical and Electronics, vol. 6, November 2018.
- [6] Pandu Andika Darmawan, "Antena Mikrostrip Array 1x4 Inset-Feed Patch Persegi Untuk Wifi 2.4 Ghz ACCESS POINT," e-Proceeding of Engineering, vol. 5, p. 321, Maret
- [7] C.A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design 3rd Edition., 2005.