

PERANCANGAN ANTENA CETAK LOG PERIODIC DIPOLE ARRAY UNTUK FREKUENSI S-BAND

DESIGN OF PRINTED LOG PERIODIC DIPOLE ARRAY ANTENNA FOR S-BAND FREQUENCY

Haryo Dwi Prananto, Priyo Wibowo
Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian - LIPI
hary009@lipi.go.id

Abstrak

Didasarkan atas antena-antena yang telah dibuat di frekuensi S Band khususnya di frekuensi komunikasi satelit, nirkabel, dan radar serta belum ada antena LPDA cetak yang telah dibuat dan diukur performanya di frekuensi- frekuensi tersebut maka pada penelitian ini dibuat antena LPDA cetak yang bekerja di frekuensi tersebut. Nilai frekuensi tersebut adalah 2.22 dan 2.25 GHz untuk frekuensi komunikasi satelit, 2.4 GHz untuk komunikasi nirkabel, dan 2.9 – 3.1 GHz untuk komunikasi radar. Antena LPDA cetak dibuat dengan nilai $\tau = 0.9$ dan $\sigma = 0.12$. Pengukuran S parameter untuk *return loss* menggunakan *Vector Network Analyzer*. Pola radiasi diukur di 3 m *semi anechoic chamber*. Hasil pengukuran S_{11} untuk komunikasi satelit dan komunikasi nirkabel cukup baik yaitu di bawah -9.54 . Sedangkan untuk frekuensi radar, nilai S_{11} yang baik ada pada frekuensi 2.9 GHz. Pola radiasi yang dihasilkan pada setiap frekuensi memiliki pola radiasi direksional. Oleh karena itu, antena ini dapat digunakan di komunikasi satelit karena memiliki ciri khas pola radiasi direksional dan frekuensi kerja yang sama dengan antena-antena yang khusus digunakan untuk komunikasi satelit.
Kata kunci: LPDA cetak, S Band, komunikasi satelit.

Abstract

Based on antennas that have been made at S-Band frequencies, especially in satellite, wireless, and radar communication frequencies and there no printed LPDA antenna that has been created and measured performance in these frequencies, so in this study made an LPDA print antenna that works in frequency. The frequency values are 2.22 and 2.25 GHz for satellite communication frequencies, 2.4 GHz for wireless communication, and 2.9 - 3.1 GHz for radar communication. Antenna LPDA print made with the value $\tau = 0.9$ and $\sigma = 0.12$. Measurement S parameter for return loss using Vector Network Analyzer. The radiation pattern is measured in 3 m semi-anechoic chamber. The result of S_{11} measurement is for satellite communication and good wireless communication that is under -9.54 . As for the radar frequency, the value of S_{11} is good at frequency 2.9 GHz. The radiation pattern generated at each frequency has a directional radiation pattern. Therefore, this antenna can be used in satellite communications because it has a distinctive feature of directional radiation pattern and the same working frequency as the antennas specifically used for satellite communications.
Keywords: LPDA print, S-Band, satellite communications.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan standard IEEE, frekuensi S Band merupakan frekuensi yang memiliki daerah kerja di rentang 2 GHz – 4 GHz. Frekuensi tersebut digunakan pada aplikasi komunikasi satelit, radar, dan komunikasi nirkabel. Berbagai antena telah dibuat dalam pita frekuensi tersebut. Dalam hal frekuensi komunikasi satelit di Indonesia, Faizal membuat antena Helix pada frekuensi kerja satelit LAPAN 2.2065 – 2.2335 GHz dengan nilai VSWR dan *gain* 1.22 dan 11.25 dB [1]. Wahyuni dan Gozali melakukan desain antena piramid *horn* di frekuensi 2.220 GHz untuk aplikasi komunikasi satelit LAPAN TUBSAT menggunakan perangkat lunak HDLANT. Dalam makalah tersebut menyebutkan bahwa pemilihan antena *horn* dilakukan karena mudah dalam pendesainan, pembuatan, dan memiliki konstruksi yang kuat [2].

Ahmadi [3] merancang antenna helical S band dengan variasi jumlah lilitan dan material pada antenna tersebut. Antena helix yang memenuhi kriteria adalah antenna helix 5 lilitan material tembaga dan antenna helix 5 lilitan material kuningan. Sedangkan hasil pengukurannya didapatkan nilai *return loss* sebesar -11.9 dB dengan VSWR 1.69 untuk 5 lilitan bahan tembaga dan sebesar -14.38 dB dengan VSWR 1.47 untuk 5 lilitan bahan kuningan di frekuensi tengah 2.220 GHz. Pola radiasi yang dihasilkan antenna ini adalah direksional.

Pada komunikasi nirkabel yaitu frekuensi 2.4 GHz, antenna yang sudah dibuat antara lain antenna *array slot waveguide* [4] dan antenna *hexagonal patch array* [5]. Antena-antena tersebut memiliki *return loss* dibawah -10 dB dan memiliki karakteristik pola radiasi yang omnidireksional. Sedangkan antenna yang berpola radiasi direksional dalam aplikasi telah dibuat oleh [6] berupa antenna LPDA yang beroperasi multi band di frekuensi 2.4 – 3 GHz dan 5.2 – 5.8 GHz.

Sementara itu, untuk komunikasi radar, berbagai antenna telah banyak dirancang seperti Eiqko dkk [7] membuat antenna co-planar dengan variasi lebar gap yang beroperasi pada frekuensi 2.9 – 3.1 GHz. Hasilnya, nilai *return loss* dapat mencapai -32.92 dB pada saat diberi gap 7 mm. Faroqi dkk [8] yang membuat simulasi antenna mikrostrip array dengan frekuensi kerja 2.9 – 3 GHz. *Return loss* yang didapatkan adalah sebesar -29.720 dB di frekuensi tengah 3.046 GHz. Folin dan Saputera merancang antenna patch array microstrip di frekuensi tengah 3 GHz. Antena tersebut memiliki *return loss* – 25 dB di frekuensi 3 GHz. Sedangkan pola radiasinya berupa direksional pada saat *beamwidth* horizontal.

Berdasarkan penelitian-penelitian belum ada yang menggunakan antenna LPDA yang diukur berdasarkan ketiga komunikasi yang bekerja pada S band. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk merancang antenna LPDA cetak yang dapat beroperasi di frekuensi S band khususnya di frekuensi komunikasi satelit, nirkabel, dan radar. Berbeda dari penelitian sebelumnya [6] [9] [10], penelitian ini akan merancang sebuah antenna LPDA cetak yang beroperasi di rentang frekuensi S band dengan pemilihan $\tau = 0.9$ dan $\sigma = 0.12$. Tujuan pembuatan antenna ini adalah mengetahui performa antenna LPDA di frekuensi komunikasi satelit (2.220 dan 2.250 GHz), frekuensi komunikasi nirkabel (2.4 GHz), dan frekuensi komunikasi radar di 3 GHz.

2. METODOLOGI

2.1. Perancangan Antena LPDA Cetak:

Antena LPDA dicetak pada lembaran PCB berjenis dielektrik FR4 yang memiliki ketebalan 1.6 mm. Perancangan antenna dilakukan di rentang frekuensi S band yaitu 2 – 4 GHz dengan nilai $\tau = 0.9$ dan $\sigma = 0.11$. Berdasarkan [11] [12], nilai τ dan σ mempengaruhi *gain* antenna yang dirancang sehingga *gain* pada antenna ini berada di kisaran 7-7.5 dB. *Feedline* antenna dibuat secara mikrostrip dengan impedansi sebesar 50 Ω sehingga didapatkan lebar *feedline* sebesar 3.137 mm.

Sedangkan jumlah elemen antenna yang didapatkan adalah berjumlah 11 elemen. Untuk panjang elemen antenna yang terpanjang didapatkan dengan persamaan [13] [14]:

$$L_n = K_1 \lambda_{max} \quad (1)$$

Dimana λ_{max} adalah panjang gelombang elektromagnetik pada dielektrik FR4, sedangkan K_1 adalah konstanta yang berhubungan dengan nilai τ , dimana K_1 dicari dengan persamaan [13] [14]:

$$K_1 = 1.01 - 0.519 \times \tau \quad (2)$$

Untuk lebar dari elemen terpanjang antenna dicari dengan persamaan [15]:

$$W_n = \pi \times a_n \quad (3)$$

Nilai a_n didapat dari impedansi dipol antenna yang dirancang [15]. Pada penelitian ini impedansi antenna LPDA dirancang sebesar 50 ohm.

Sementara itu jarak antar dipol satu dengan dipole lainnya ditentukan dengan persamaan [6]:

$$S_n = \sigma \times 4 \times L_n \quad (4)$$

Untuk panjang, lebar, dan jarak antar elemen antenna selanjutnya dapat dihitung dengan persamaan [11]:

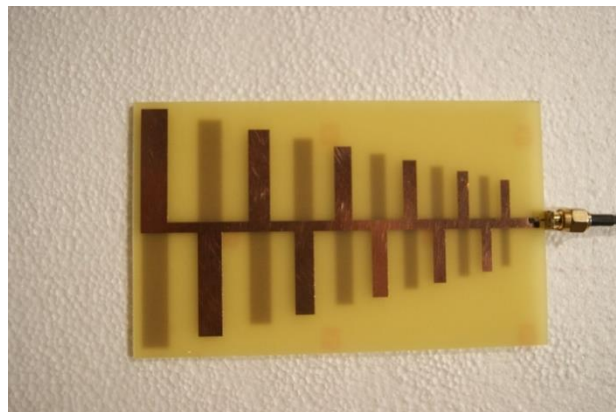
$$\tau = \frac{L_n}{L_{n+1}} = \frac{W_n}{W_{n+1}} = \frac{S_n}{S_{n+1}} \quad (5)$$

Menggunakan persamaan (1) – (5), hasil perhitungan nilai panjang, lebar, dan jarak antar elemen antenna untuk pembuatan antenna LPDA seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan nilai panjang, lebar, dan jarak antar elemen untuk pembuatan antenna LPDA

Dipole	L_n	W_n	S_n
1	37.00		8.42
2	33.30	17.77	7.58
3	30.00	15.99	6.82
4	27.00	14.39	6.14
5	24.30	12.95	5.53
6	21.90	11.66	4.97
7	19.70	10.49	4.48
8	17.70	9.44	4.03
9	15.90	8.50	3.63
10	14.30	7.65	3.26
11	12.90	6.88	2.94

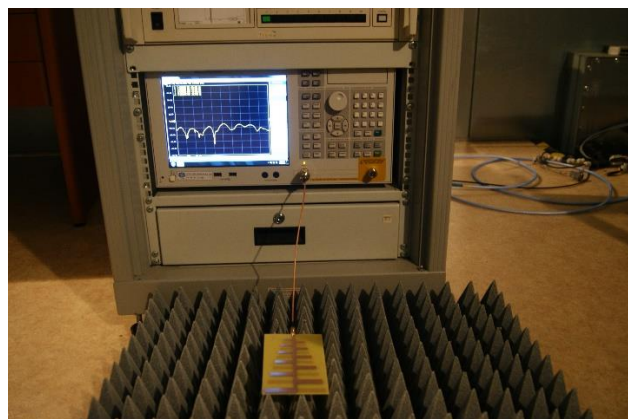
Nilai-nilai yang diperoleh pada tabel 1 kemudian digunakan untuk pencetakan antenna pada lebaran PCB. Antena LPDA cetak yang dibuat berdasarkan tabel 1 seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Antena LPDA Cetak jenis S Band hasil rancang bangun pada penelitian ini.

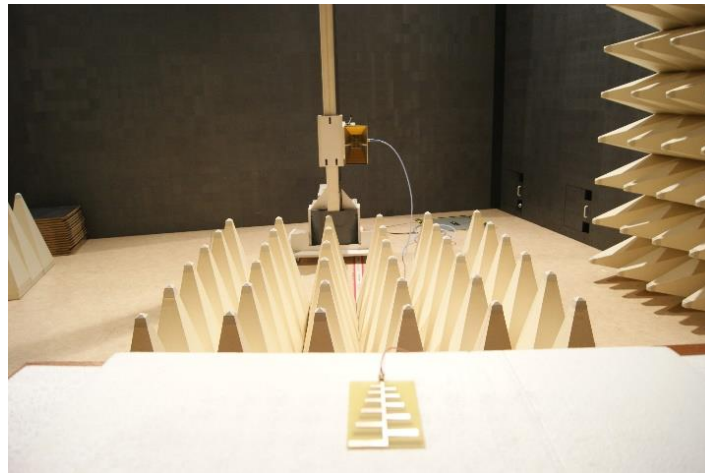
2.2. Pengukuran *return loss* dan pola radiasi

Antena LPDA cetak yang telah dibuat kemudian diukur *return loss* (S_{11}) dan pola radiasinya di Laboratorium Kompatibilitas Elektromagnetik, P2SMTP-LIPI. Pengukuran *return loss* dilakukan dengan mengukur *scattering* parameter *port* 1 terhadap *port* 1. Pengukuran dilakukan untuk mencari besarnya perbandingan sinyal yang dikirimkan dan direfleksikan di *port* 1 yang disebut sebagai S_{11} . Pengukuran S_{11} menggunakan *Vector Network Analyzer* dengan *bandwidth* 2 – 4 GHz. Pengukuran tersebut diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran S_{11} pada Antena LPDA Cetak S Band

Pengukuran pola radiasi antena dilakukan di 3 m Semi-anechoic Chamber pada frekuensi komunikasi satelit (2.220 dan 2.250 GHz), komunikasi nirkabel (2.4 GHz), dan komunikasi radar (2.9 – 3.1 GHz) menggunakan antena *Horn* sebagai antena penerima. Pengukuran pola radiasi antena seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengukuran pola radiasi pada Antena LPDA Cetak S Band

2.3. Perhitungan *Gain*

Setelah pola radiasi antena didapatkan kemudian dihitung nilai *Gain* antena LPDA. Perhitungan *gain* antena LPDA berdasarkan besaran transmisi antena yang didapat saat melakukan pengukuran pola radiasi di semi *anechoic chamber* 3m. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan tersebut adalah [16] :

$$G = 20 \log \left(\frac{f}{\text{MHz}} \right) - 29.7707 - AF \quad (6)$$

Dimana AF merupakan antena faktor yang dapat dicari dengan persamaan:

$$AF = PL + Receiver - Signal + AF_{rx} - preamp + loss\ cable \quad (7)$$

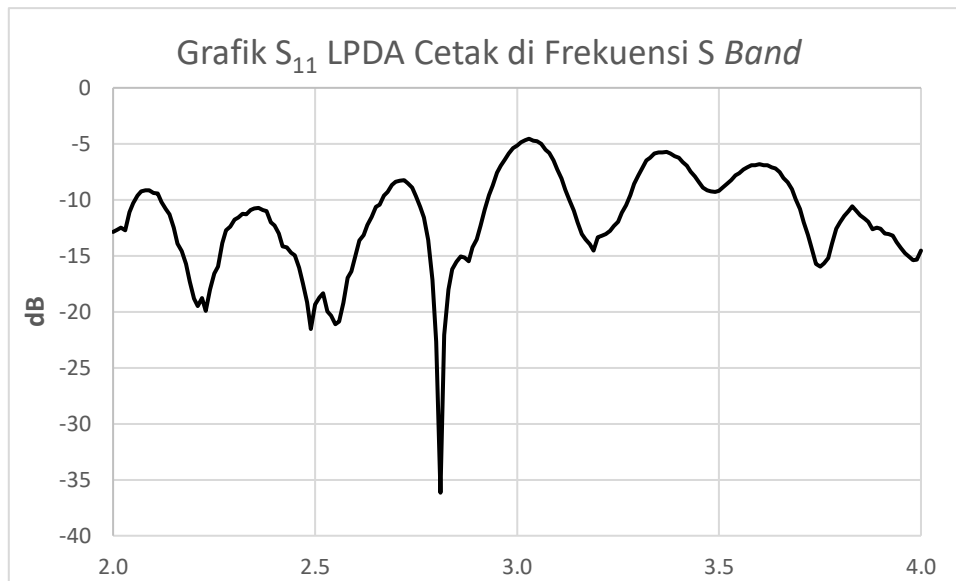
Signal merupakan signal masukan yang diberikan kepada antena LPDA sebesar 90 dBuV dengan signal generator. Sementara itu *PL* merupakan *path loss* yang ada saat pengukuran berupa *free path loss* 3m. Sedangkan *Receiver* merupakan nilai yang didapatkan saat pengukuran pola radiasi dari *spectrum analyzer*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Nilai S_{11}

Gambar 4 menunjukkan grafik S_{11} LPDA Cetak di frekuensi *S Band*. Berdasarkan grafik, S_{11} antena tersebut cukup baik digunakan pada rentang frekuensi 2.00 – 2.05 GHz; 2.12 – 2.66 GHz; 2.76 – 2.92 GHz; 3.13 – 3.27 GHz; dan 3.70 – 4.00 GHz. Hal tersebut dikarenakan pada rentang frekuensi tersebut nilai S_{11} bernilai dibawah -9.54 dB [17] sehingga besarnya sinyal yang direfleksikan lebih kecil dibandingkan dengan sinyal yang ditransmisikan.

Nilai S_{11} tersebut menunjukkan antena LPDA cetak yang dibuat dapat digunakan di frekuensi komunikasi satelit karena resonan pada frekuensi 2.220 GHz dan 2.250 GHz. Nilai S_{11} pada frekuensi 2.220 dan 2.250 GHz adalah -18.79 dan 16.60 dB. Sedangkan untuk frekuensi komunikasi nirkabel yaitu di frekuensi 2.4 GHz, nilai S_{11} dari antena juga cukup baik yaitu bernilai -12.30 dB. Namun antena ini masih kurang untuk digunakan pada aplikasi radar berfrekuensi 3 GHz karena nilai S_{11} lebih dari -10 dB atau refleksi sinyal input masih lebih dari 10%.

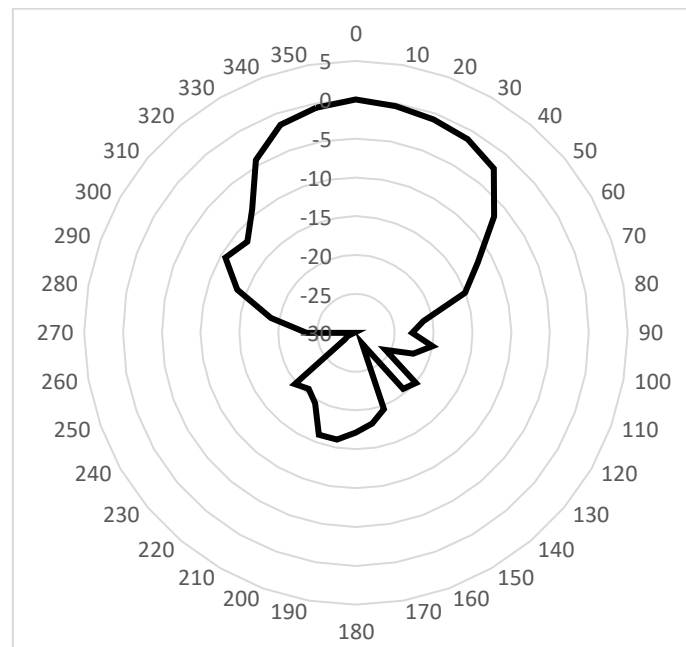


Gambar 4. Grafik S11 LPDA Cetak di Frekuensi S Band

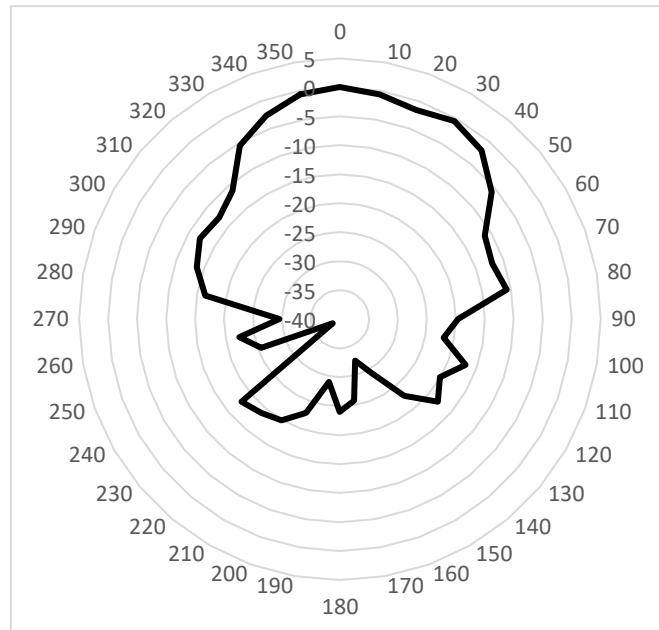
3.2. Pola Radiasi

Pola radiasi antenna LPDA cetak di frekuensi komunikasi satelit 2.220 dan 2.250 GHz ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6. Seperti ditunjukkan oleh gambar tersebut, antenna memiliki pola radiasi direksional. Antena LPDA yang dibuat ini memiliki ciri khas pola radiasi seperti penelitian [1] [2] [3]. Oleh karena itu antenna ini dapat digunakan dalam aplikasi komunikasi satelit di S band.

Karakteristik Pola Radiasi pada frekuensi ini, *main lobe* selain memiliki pola radiasi bersifat direksional namun masih terdapat *side lobe* dan *back lobe*. Pada frekuensi 2.220 GHz, *side lobe* terjadi di sudut 100°, 110°, dan 270-290°. Sedangkan *back lobe* muncul di rentang sudut 170° – 240°. Pada frekuensi 2.250 GHz *side lobe* terjadi di 70° – 90°, 100° – 170°, 190° – 240°, dan 260° – 300°. Sedangkan *back lobe* terjadi di sudut 170° – 190°, *back lobe* yang terjadi pada frekuensi ini lebih kecil dibandingkan dengan *back lobe* pada frekuensi 2.22 GHz.

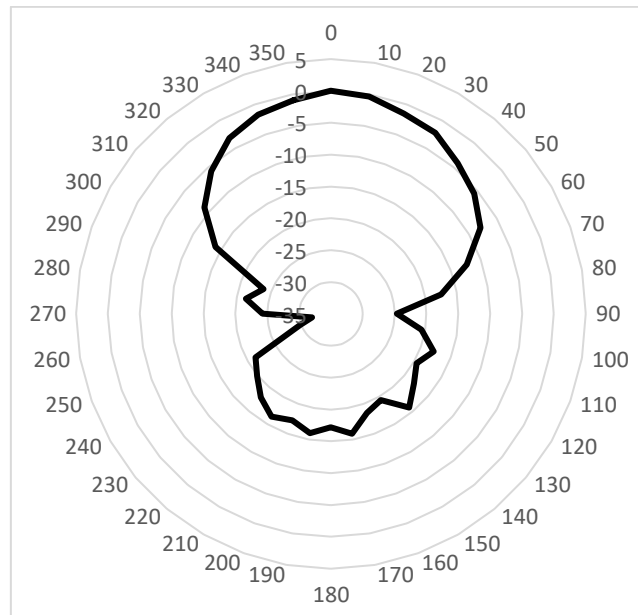


Gambar 5. Pola Radiasi LPDA cetak di Frekuensi 2.220 GHz



Gambar 6. Pola Radiasi LPDA cetak di Frekuensi 2.250 GHz

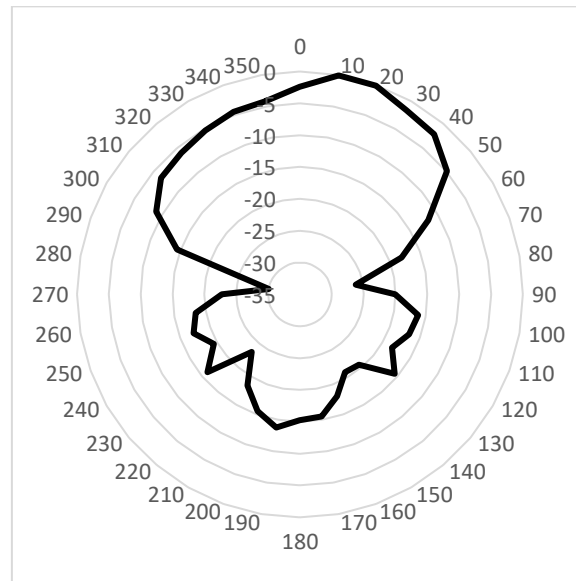
Pada frekuensi nirkabel yaitu 2.4 GHz, pola radiasi yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 7. Pola radiasi berupa direksional dengan *main lobe* yang mengarah di 0°. *Back lobe* yang terjadi masih relatif besar pada rentang sudut 100° - 260° sedangkan *side lobe* muncul di sudut 260° – 270°. Pola radiasi antenna ini berbeda dan tidak omnidireksional seperti penelitian-penelitian [18] [5]. Namun jika dibandingkan dengan pola radiasi antenna Casula [6] antenna ini memiliki kesamaan yaitu pola radiasi yang sama-sama direksional. Antena pada penelitian ini dapat dikatakan cocok diaplikasikan pada komunikasi nirkabel yang membutuhkan pola radiasi direksional. Pola radiasi direksional dibutuhkan pada aplikasi seperti pengendalian suatu alat di ranah *Internet On Things* dimana dengan pola radiasi ini memiliki salah satu keuntungan yaitu pengurangan peluang terjadinya interferensi [19] [20].



Gambar 7. Pola Radiasi LPDA cetak di Frekuensi 2.4 GHz

Dikarenakan S_{11} di frekuensi radar 3 GHz pada antenna ini diatas -9.54 dB maka, pola radiasi di frekuensi tersebut tidak diukur. Namun di frekuensi 2.9 GHz, nilai S_{11} antenna ini dibawah -9.54 dB dimana dinilai cukup baik jika antenna tersebut digunakan. Oleh karena itu pola radiasinya diukur dan

didapatkanlah pola radiasinya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Pola radiasi yang dihasilkan berupa pola radiasi direksional dimana memiliki 4 *side lobe* dan 1 *back lobe*.



Gambar 8. Pola Radiasi LPDA cetak di Frekuensi 2.9 GHz

3.3. Gain Antena LPDA cetak

Nilai terbesar pada pola radiasi antena LPDA di setiap frekuensi digunakan dalam perhitungan antenna factor beserta *gain*. *Gain* yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai *Gain* di setiap Frekuensi

Frekuensi (GHz)	<i>Gain</i> (dB)
2.22	1.55
2.25	1.69
2.4	-0.42
2.9	0.61

4. KESIMPULAN

Telah diperoleh rancangan antena LPDA cetak yang mampu beroperasi di frekuensi S band yaitu frekuensi 2 – 4 GHz. Nilai S_{11} pada frekuensi komunikasi satelit dan komunikasi nirkabel cukup baik yakni kurang dari -9.54 sedangkan pada frekuensi radar berada pada 2.9 GHz. Antenna memiliki pola radiasi direksional dan *gain* yang cukup pada frekuensi satelit, nirkabel maupun radar. Oleh karena itu, antena ini dapat dikatakan cocok untuk digunakan pada ketiga jenis aplikasi tersebut meskipun masih perlu diteliti lebih lanjut karakter antena ketika diaplikasikan secara riil di lapangan.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi makalah ini merupakan tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Faizal, “Rancang Bangun Antena Helix S-Band Untuk Satelit,” in *Satelit : untuk Mitigasi Bencana, Pemantauan Maritim, dan Ketahanan Pangan*, Pertama., Bogor: IPB Press, 2011, pp. 31–48.
- [2] Gozali and Wahyuni, “Rancang Bangun Antena *Horn* Untuk Komunikasi Satelit Mikro,” in

Prosiding Workshop dan Seminar Nasional : Penguasaan Teknologi Satelit Menuju Kemandirian Bangsa, 2005, pp. 150–152.

- [3] H. Ahmadi, S. Ramadhan, M. Fathurahman, R. Ardinal, P. Studi, and B. Multimedia, “Analisis Perbandingan Pengaruh Lilitan dan Bahan Antena Helical S-Band Sebagai Penerima Data Satelit LAPAN-A2/LAPAN-ORARI,” in *Seminar Nasional Iptek Penerbangan dan Antariksa XXI-2017*, 2017, pp. 206–215.
- [4] S. Hardiati, Y. Wahyu, H. Permatasari, and B. P. R, “Antena Slot Waveguide Segi Empat Segala Arah pada Frekuensi 2.4 GHz,” *J. Elektron. dan Telekomun.*, vol. 16, no. 2, pp. 46–51, 2016.
- [5] H. N. R. A. K, S. H. P, and E. Yudaningtyas, “Desain Antena Hexagonal Patch Array Berbasis Sistem Transfer Daya Wireless pada Frekuensi 2 , 4 GHz,” *J. Elektron. dan Telekomun.*, vol. 15, no. 2, pp. 33–38, 2015.
- [6] G. A. Casula and P. Maxia, “A multiband printed log-periodic dipole array for wireless communications,” *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2014, 2014.
- [7] M. E. S, N. L. Olivia, and Y. Wahyu, “Perancangan dan Realisasi Antena Co-Planar Dengan Metode Band Gap Untuk Peningkatan *Bandwidth* Pada Frekuensi S-Band,” in *e-Proceeding of Engineering*, 2018, vol. 5, no. 1, pp. 699–704.
- [8] A. Faroqi, F. Zaelani, R. Kariadinata, and M. A. Ramdhani, “On The Design of Array Microstrip Antenna with S-Band Frequency for Radar Communication On The Design of Array Microstrip Antenna with S-Band Frequency for Radar Communication,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 288, no. 12006, 2018.
- [9] H. D. Prananto and P. Wibowo, “Rancang Bangun Antena Log Periodic Dipole Array Untuk Pengukuran Radiasi Elektromagnetik BTS,” *J. Nas. Tek. Elektro*, no. 1, pp. 30–36, 2017.
- [10] M. A. Karim, M. Rahim, and H. Majid, “Log periodic fractal Koch antenna for UHF band applications,” *Prog. Electromagn. Res.*, vol. 100, pp. 201–218, 2010.
- [11] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [12] R. Carrel, “The Design of Log-Periodic Dipole Antennas,” *IRE Int. Conv. Rec.*, vol. 9, pp. 61–75, 1961.
- [13] S. S. Pawar, M. Shandilya, and V. Chaurasia, “Parametric evaluation of microstrip log periodic dipole array antenna using transmission line equivalent circuit,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 20, no. 4, pp. 1260–1274, 2017.
- [14] T. A. Milligan, *Modern Antenna Design, Second Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [15] G. a Casula, P. Maxia, G. Mazarella, I. Elettrica, and P. D. Armi, “Design of A Printed Log-Periodic Dipole Array for ULtra-Wideband Application,” *Prog. Electromagn. Res. C*, vol. 38, no. January, pp. 15–26, 2013.
- [16] S. Silver, *Microwave Antenna Theory and Design*, Firts Edit. New York: McGraw-Hill, Inc, 1949.
- [17] I. Surjati, “Antena mikrostrip bentuk segiempat,” *JETri*, vol. 1, pp. 69–76, 2001.
- [18] F. Oktafiani and P. Saputera, “Antena Patch Array untuk *Portable Coastal Radar* pada

- Frekuensi S - Band Array Patch Antenna in S - Band Operational Frequency for *Portable Coastal Radar*,” *J. Elektron. dan Telekomun.*, vol. 13, no. 1, pp. 18–22, 2013.
- [19] L. H. Trinh, T. N. Le, R. Staraj, F. Ferrero, and L. Lizzi, “A Pattern-Reconfigurable Slot Antenna for IoT Network Concentrators,” *Electronics*, vol. 6, no. 4, pp. 1–7, 2017.
- [20] E. D. Skiani, S. A. Mitilineos, and S. C. A. Thomopoulos, “A Study of the Performance of Wireless Sensor Networks Operating with Smart Antennas,” *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 54, no. 3, pp. 50–67, 2012.