

Desain dan Simulasi Antena *Dielectric Resonator* pada Frekuensi X-band

Yudi Barnadi[#], Ase Suryana, Ajeng Kurnia Viev

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Widyatama Bandung
Jl. Cikutra No. 204A, Bandung 40125, Jawa Barat, Indonesia
[#]yudi.barnadi@widyatama.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menyajikan desain dan simulasi dari antena *dielectric resonator* pada X-band. Penggunaan *dielectric resonator* ini pada sebuah desain antena dimaksudkan agar mendapatkan nilai Q faktor yang sangat tinggi sehingga diharapkan gain dari antena ini lebih baik dibandingkan antena mikrostrip pada umumnya dimana antena mikrostrip memiliki nilai Q faktor sekitar 50. Antena ini didesain pada frekuensi 9,8 GHz yang terdiri dari dua lapisan *copper* dimana lapisan atas berisi sebuah *dielectric resonator* dan jalur *feeding microstrip* 50 Ohm untuk menghasilkan medan magnet di sekitar *dielectric resonator* tersebut dan pada lapisan bawah berisi lapisan *ground*. Penggunaan *dielectric resonator* ini dimaksudkan untuk dapat meningkatkan performa dari antena dimana akan mempengaruhi beberapa parameter ukur dari antena diantaranya adalah perubahan pada frekuensi resonansi, polarisasi antena, impedansi dan pola radiasi dari antena. Desain antena ini disimulasikan dengan menggunakan *software* simulasi 3D elektromagnetik untuk mengetahui performansi dari antena yang didesain. Dari hasil simulasi antena ini diperoleh nilai *return loss* (S_{11}) sebesar 53,7 dB, *fractional bandwidth* sebesar 0,055%, dan gain sebesar 6,42 dBi pada frekuensi 9,84 GHz.

Kata kunci: *dielectric resonator*, antena mikrostrip, X-band, *feeding microstrip*, *software* 3D elektromagnetik

Abstract

This research presents the design and simulation of a dielectric resonator antenna in the X-band. The use of this dielectric resonator in an antenna design is intended to obtain a very high Q factor value so that the gain of this antenna is expected to be better than microstrip antennas in general where microstrip antennas have a Q factor value of around 50. This antenna is designed at a frequency of 9.8 GHz which consists of two layers of copper where the top layer contains a dielectric resonator and a 50 Ohm microstrip feeding line to produce a magnetic field around the dielectric resonator and the bottom layer contains a ground layer. The use of a dielectric resonator is intended to improve the performance of the antenna which will affect several measuring parameters of the antenna, including changes in the resonance frequency, antenna polarization, impedance and radiation pattern of the antenna. This antenna design is simulated using 3D electromagnetic simulation software to determine the performance of the designed antenna. From the simulation results of this antenna, a return loss (S_{11}) value of 53.7 dB, fractional bandwidth of 0.055%, and gain of 6.42 dBi at a frequency of 9.84 GHz were obtained.

Keywords: *dielectric resonator*, *microstrip antenna*, X-band, *microstrip feeding line*, 3D electromagnetic software

I. PENDAHULUAN

Antena merupakan sebuah devais yang dapat memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik dalam sebuah sistem komunikasi *wireless*. Antena mikrostrip banyak digunakan dalam sistem komunikasi antena dikarenakan banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan antena jenis lainnya diantaranya adalah *low profile*, murah untuk dibuat, ringan, dan kemudahan dalam integrasi dengan sirkuit terpadu gelombang mikro

[1]. Pada [2], antena *dielectric resonator* (DRA) telah diinvestigasi oleh sejumlah peneliti dalam beberapa tahun terakhir ini dikarenakan adanya banyak keunggulan yaitu memiliki konstanta dielektrik yang tinggi, rugi-rugi daya yang rendah, dan lainnya sehingga dapat meningkatkan kualitas atau performansi dalam sistem komunikasi.

Dielectric material umumnya dibuat dari bahan keramik dan diproduksi dalam berbagai bentuk dan ukuran. Beberapa bentuk dari *dielectric material* yang umum digunakan pada literatur adalah

berbentuk silinder, persegi panjang, setengah lingkaran, dan setengah bola. Dari bentuk *dielectric material* yang umum digunakan ini, bentuk silinder menawarkan fleksibilitas konfigurasi yang lebih besar dimana perbandingan antara radius dan tinggi dapat mengontrol frekuensi resonansi dan faktor kualitas (Q).

Sebuah DRA ini memiliki sebuah lapisan *dielectric* dan sebuah lapisan konduksi yang berada pada permukaan lapisan dielektrik seperti yang ditunjukkan pada [3]. Sama seperti antena microstrip lainnya, DRA memiliki parameter seperti pola radiasi, gain, *bandwidth*, *return loss*. Gain, *bandwidth*, dan polarisasi dari sebuah DRA dapat dengan mudah dikontrol menggunakan teknik desain yang berbeda diantaranya adalah:

1. Teknik *feeding*
2. Teknik peningkatan *bandwidth*
3. Desain *low profile* dan *compact*

Selain itu, beberapa literatur mengenai DRA dapat diaplikasikan pada aplikasi di frekuensi tinggi. Pada [4], disajikan sebuah review mengenai konsep dasar dari DRA, panduan dalam mendesain DRA dan juga pengembangan terbaru dalam desain DRA pada frekuensi *millimeter wave*. Sebuah desain DRA berbentuk T telah didesain agar mendapatkan sebuah *gain* antena yang tinggi ditunjukkan pada [5] dimana antena ini beroperasi pada frekuensi Ku-band. Antena ini menggunakan sebuah *dielectric material* silinder pada bagian atas dan dimuati sebuah *dielectric material* berbentuk *disk* sehingga berbentuk T dan menghasilkan gain antena sebesar 16.13 dBi dengan *beamwidth* yang lebih sempit jika dibandingkan dengan DRA konvensional.

Sebuah desain DRA dengan menggunakan kombinasi dari *dielectric material* MgTiO₃ (MTO) and CoTiO₃ (CTO) berbentuk silinder bertujuan untuk aplikasi *wideband* disajikan dalam [6]. Kedua *dielectric material* ini memiliki nilai dielektrik konstan pada rentang 5 hingga 20. Desain DRA lainnya yang berbentuk silinder pada aplikasi C-band juga ditunjukkan pada [7]. Desain DRA ini menggunakan dua buah *dielectric material* yang memiliki nilai dielektrik konstan yang berbeda, yaitu polyflon polyguide dengan dielektrik konstan sebesar 2.32 yang ditempatkan pada bagian bawah dan Roger RO3010 dengan dielektrik konstan sebesar 10,2 yang ditempatkan pada bagian atas. *Gain* yang dihasilkan dari desain DRA ini yang menggunakan dua buah *coaxial feeding* adalah sebesar 8.1 dBi dan menaikkan *bandwidth* lebih dari 40%.

Aplikasi antena *dual band* (C- dan X-band) dengan menggunakan *dielectric resonator* telah didesain pada [8] dimana menggunakan *aperture*

coupled feeding dan *dielectric resonator* yang memiliki dielektrik konstan sebesar 12,94. Dari hasil pengukuran dari desain DRA, pada frekuensi resonansi 6.1 GHz diperoleh persentase fractional bandwidth (%FBW) sebesar 4%, *beamwidth* sebesar 84°, gain sebesar 5,9 dBi dan faktor kualitas sebesar 2188, sedangkan pada frekuensi 8,3 GHz diperoleh %FBW sebesar 6%, *beamwidth* sebesar 130°, gain sebesar 5.5 dBi dan faktor kualitas sebesar 3345. Walaupun nilai dielektrik konstan yang digunakan pada desain DRA ini rendah, tetapi bisa menghasilkan faktor kualitas yang tinggi sehingga DRA ini dapat digunakan pada aplikasi komunikasi satelit. Selain itu, pada literatur [9]-[13] disajikan desain DRA dengan berbagai bentuk *dielectric resonator* dan teknik *feeding* serta beroperasi pada frekuensi *microwave* hingga *millimeter wave*.

Pada penelitian ini menyajikan desain dan simulasi dari antena *dielectric resonator* yang beroperasi pada frekuensi X-band yaitu 9.8 GHz. *Dielectric resonator* yang digunakan berbentuk silinder dengan nilai dielektrik konstan yang tinggi dan menggunakan jalur *feeding microstrip*. Hasil simulasi diperoleh dengan menggunakan software simulasi 3D elektromagnetik dimana disajikan dalam bentuk grafik S₁₁, gain dari antena, dan pola radiasi dari antena yang didesain.

II. METODE PENELITIAN

Antena yang diusulkan ini menggunakan *dielectric resonator* dan beroperasi pada frekuensi 9,8 GHz dengan menggunakan jalur *feeding* berupa jalur microstrip seperti ditunjukkan pada Gambar 1. *Dielectric resonator* yang digunakan adalah dari murata dengan tipe *Dielectric Resonator U Series* (DRD065U020-029) dimana memiliki *dielectric constant* (ϵ_r) sebesar 38 sesuai dengan datasheet pada [8]. Antena ini didesain menggunakan PCB substrate F4BMX220 dimana pada bagian atas terdapat jalur microstrip dengan sebuah *dielectric resonator* dan pada bagian bawah terdapat lapisan *copper* sebagai *ground*. PCB substrate F4BMX220 memiliki ketebalan (h) sebesar 1,5 mm, *dielectric constant* (ϵ_r) sebesar 2,2, dan *loss tangent* ($\tan\delta$) sebesar 0.001.

Frekuensi operasi dari *dielectric resonator* dapat dihitung dengan pendekatan dari persamaan pada [7] sebagai berikut:

$$f_o = \frac{6.324 \times c}{2\pi\sqrt{2 + \epsilon_r}} \left\{ 0.27 + 0.36 \frac{a}{2 \times h} + 0.02 \left(\frac{a}{2 \times h} \right)^2 \right\} \quad (1)$$

dimana f_o merupakan frekuensi kerja dari antena yang diusulkan dalam GHz, c adalah kecepatan

cahaya dalam *free space* (3×10^8 m/s), a adalah radius dari *dielectric resonator, dan h adalah tinggi dari *dielectric resonator*. Sedangkan untuk jalur *feeding* yang berupa microstrip dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pada [14] sebagai berikut:*

untuk $w/h \geq 2$,

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ (B-1) - \ln(2B-1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B-1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2)$$

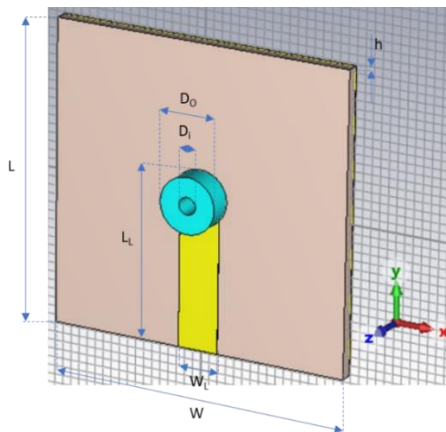
dengan nilai B dihitung menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_c \sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

Berdasarkan *datasheet* dari MuRata [15], faktor kualitas (Q) dari resonator ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q \geq \frac{100000}{2 \times f_o + 2.6} \quad (4)$$

Dimensi dari antena *dielectric resonator* yang didesain pada frekuensi 9,8 GHz dan jalur *feeding* microstrip sebesar 50Ω dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari 1-3. Tabel 1 menampilkan ukuran dari antena yang diusulkan setelah dilakukan optimisasi untuk mendapatkan hasil simulasi yang baik.



Gambar 1. Antena *dielectric resonator*

Tabel 1. Detail dimensi dari antena yang didesain

Parameter	Nilai (mm)
Panjang substrate, L	35
Lebar substrate, W	35
Tebal substrate, h	1,5
Tebal jalur <i>copper</i> , t	0,035
Lebar jalur microstrip, W_L	4,725
Panjang jalur microstrip, L_L	16,5
Diameter luar <i>dielectric resonator</i> , D_o	6,5
Diameter dalam <i>dielectric resonator</i> , D_i	2

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi dari optimisasi yang dilakukan pada desain antena *dielectric resonator* diperoleh dari *software* CST untuk melihat nilai S_{11} atau *return loss* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pada Gambar 2 menampilkan adanya perbedaan nilai S_{11} disebabkan variasi dari radius dalam dari *dielectric resonator* (r_i). Jika *dielectric resonator* berbentuk solid ($r_i = 0$), maka diperoleh nilai S_{11} sebesar -21,8 dB pada frekuensi 9,2 GHz dan -46,1 dB pada frekuensi 10,61 GHz sehingga antena ini dapat beroperasi pada kedua frekuensi tersebut. Apabila *dielectric resonator* berbentuk ring dengan r_i sebesar 1 mm, maka frekuensi resonansi akan berada pada frekuensi 9,84 GHz dengan nilai S_{11} sebesar -53,7 dB. Sedangkan apabila r_i sebesar 2 mm, maka nilai S_{11} diperoleh -25 dB pada frekuensi 11,3 GHz. Variasi dari radius dalam dari *dielectric resonator* ini terhadap nilai S_{11} secara lebih detil dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada Gambar 3 disajikan nilai S_{11} sebesar -53,7 dB pada frekuensi 9,84 GHz dimana antena *dielectric resonator* ini didesain. Pada frekuensi ini, nilai faktor kualitas (Q) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) yaitu:

$$Q \geq \frac{100000}{2 \times 9.84 \times 10^6 + 2.6} = 4488,3$$

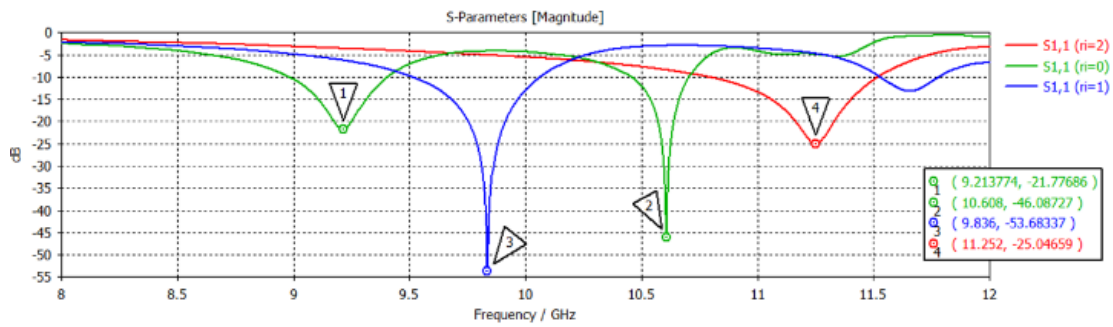
sehingga diperoleh nilai Q sebesar 4488,3. Ini berarti bahwa nilai faktor kualitas (Q) yang besar akan menyebabkan *bandwidth* menjadi sempit. Dari grafik S_{11} pada Gambar 3 dapat ditentukan *bandwidth* dari antena ini adalah sebesar 0,543 GHz. *Fractional bandwidth* (FBW) dari antena ini adalah sebesar:

$$FBW = \frac{(f_h - f_l)}{f_c} = \frac{(10.054 - 9.511)}{9.836} = 0.055$$

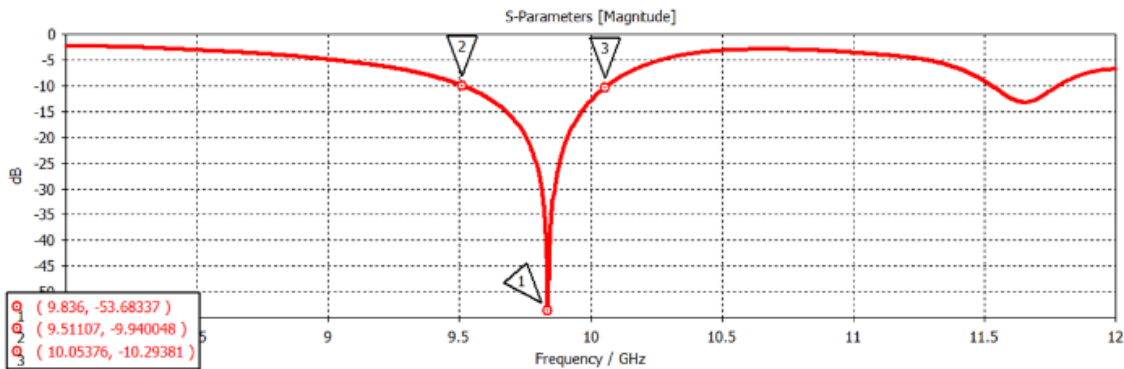
maka berdasarkan perhitungan, antena ini hanya memiliki persentase FBW (%FBW) sekitar 5.5%. Hal ini berarti antena ini termasuk ke dalam *narrow band antenna* karena persentase FBW dibawah 20%.

Tabel 2. Perbedaan nilai S_{11} dan frekuensi resonansi terhadap radius dalam (r_i) dari *dielectric resonator*

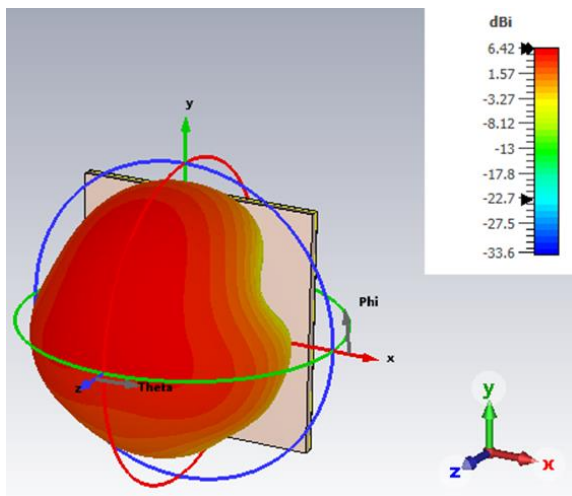
r_i (mm)	frekuensi resonansi (GHz)	S_{11} (dB)
0	9,2	-21,8
	10,61	-46,1
1	9,84	-53,7
2	11,3	-25



Gambar 2. Hasil simulasi S_{11} untuk variasi radius dalam dari *dielectric resonator*



Gambar 3. Hasil simulasi S_{11} untuk diameter dalam dari *dielectric resonator* (D_i) sebesar 2 mm



Gambar 4. Pola radiasi dari antenna *dielectric resonator*

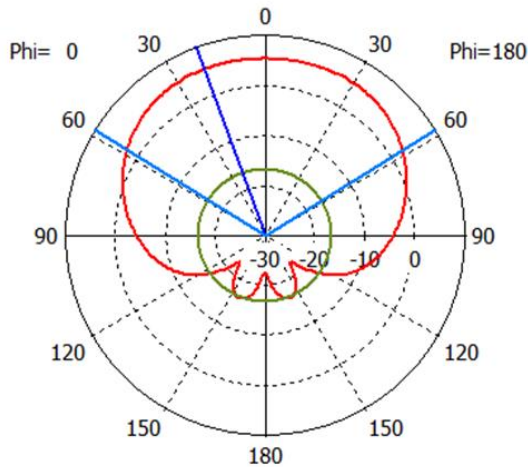
Gain dari antenna *dielectric resonator* yang didesain pada frekuensi 9,84 GHz ini diperoleh sebesar 6,42 dBi seperti digambarkan pada Gambar 4. Selain itu, antenna ini terlihat memiliki *main lobe* ke satu arah atau tergolong *antena berarah* yaitu ke arah depan dari antenna tersebut. Sedangkan *back lobe* dari antenna ini sangat kecil yaitu -22,7 dBi dikarenakan adanya lapisan *ground* pada bagian belakang dari antenna ini.

Pada Gambar 5 ditunjukkan hasil simulasi pola radiasi dari antenna yang didesain pada 2D yaitu pola radiasi pada bidang elevasi digambarkan pada

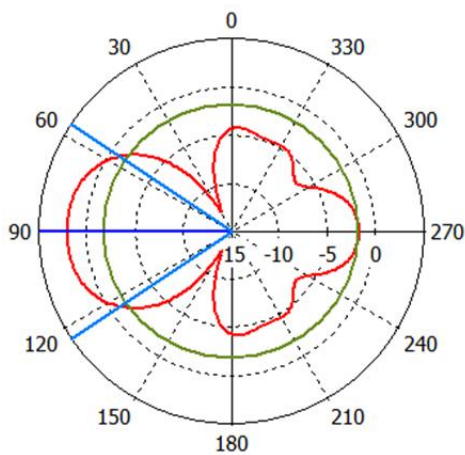
Gambar 5.a dan pola radiasi pada bidang azimut digambarkan pada Gambar 5.b. Apabila pola radiasi dari antenna ini dilihat dari bidang elevasi maka terlihat bahwa berkas *beam* dari antenna ini mengarah pada atas antenna sedangkan berkas *beam* ke bagian bawah antenna ini sangat kecil. Walaupun jika dilihat *beam* antenna ini tergolong ke dalam *wider beamwidth*. Sedangkan apabila dilihat dari bidang azimuth maka akan terlihat jelas bahwa antenna ini merupakan antenna yang mengarah pada satu arah saja.

IV. KESIMPULAN

Antena dengan menggunakan *dielectric resonator* pada frekuensi 9,8 GHz telah didesain dan disimulasikan dengan menggunakan *software* CST. Berdasarkan hasil simulasi, nilai diameter dalam dari *dielectric resonator* dipilih sebesar 2 mm agar mendapatkan nilai S_{11} sebesar -53,7 dB pada frekuensi 9,84 GHz, nilai faktor kualitas dari antenna yang didesain ini diperoleh sebesar 4488,3 dan *bandwidth* operasi sebesar 0,543 GHz. Antena *dielectric resonator* ini dipilih menggunakan jalur *feeding* microstrip. Pada penelitian selanjutnya, antenna *dielectric resonator* ini dapat di *array* untuk mendapatkan nilai gain yang lebih besar dan pola radiasi yang lebih sempit.



(a) Pola radiasi pada bidang elevasi



(b). Pola radiasi pada bidang azimut

Gambar 5. 2D hasil simulasi pola radiasi antena *dielectric resonator*

REFERENSI

[1] S. Majeed, D. Goyal, "Review Paper For Dielectric Resonator Antenna," *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, vol. 6, no. 2, pp. 1095-1103, 2018.

[2] A. P. da. Costa, G. Fontgalland, A. Gomes Neto and A. S. B. Sombra, "YIG Matrix Based Multiband Magneto-Dielectric Cylindrical Resonator Antenna," *J. Microw. Optoelectron. Electromagn. Appl.*, vol. 20, no. 2, pp. 348–358, Jun. 2021.

[3] K. Vipul and J. R. Panchal, "Dielectric resonator antenna and its design parameters-A review," *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, vol. 2, no. 4, pp. 128-133, 2017.

[4] S. Keyrouz and D. Caratelli, "Dielectric Resonator Antennas: Basic Concepts, Design Guidelines, and Recent Developments at Millimeter-Wave Frequencies," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2016, 2016.

[5] L. Y. Feng and K. W. Leung, "T-shaped dielectric resonator antenna with a high antenna gain," *Electron. Lett.*, vol. 59, pp. 12674, 2023.

[6] U. Ullah, W. F. F. W. Ali, M. F. Ain, N. M. Mahyuddin, and Z. A. Ahmad, "Design of a novel dielectric resonator antenna using MgTiO₃-CoTiO₃ for wideband applications," *Materials & Design*, Vol. 85, 2015.

[7] H. Gharsallah, L. Osman, and L. Latrach, "A Novel Cylindrical DRA for C-Band Applications," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 7, no. 8, 2016.

[8] D. Batra, S. Sharma, and A. K. Kohli, "Dual-Band Dielectric Resonator Antenna for C and X Band Application," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2012, 2012.

[9] A. A. Abdulmajid, S. Khamas, and S. Zhang, "Wideband high-gain millimetre-wave three-layer hemispherical dielectric resonator antenna," *Progress In Electromagnetics Research*, vol. 103, pp. 225-236, 2020.

[10] A. Dadgarpour, B. Zarghooni, B. S. Virdee, T. A. Denidni, and A. A. Kishk, "Mutual Coupling Reduction in Dielectric Resonator Antennas Using Metasurface Shield for 60-GHz MIMO Systems," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 477-480, 2017.

[11] A. Kesavan, M. Al-Hassan, I. Ben Mabrouk, and T. A. Denidni, "Wideband Circular Polarized Dielectric Resonator Antenna Array for Millimeter-Wave Applications," *Sensors*, vol. 21, no. 11, p. 3614, May 2021.

[12] A. Gaya, M. H. Jamaluddin, B. Alali, A. Ayman, and A. Althwayb, "A novel wide dual band circularly polarized dielectric resonator antenna for milli meter wave 5G applications," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no. 12, pp. 10791-10803, 2022.

[13] M. D. Alanazi and S. K. Khamas, "Wideband Circularly Polarized Millimeter Wave Hemispherical Dielectric Resonator Antenna," *Micromachines*, vol. 14, no. 2, p. 436, Feb. 2023.

[14] J. S Hong, *Microwave Filters for RF/Microwave Applications, 2nd Ed.*, John Wiley & Sons, Inc., 2011.

[15] Katalog dielectric resonator (Resonomics) dari MuRata. Available: https://www.rf-microwave.com/resources/products_attachments/5a4386ccb68ea.pdf.

