JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 7, No. 2, Desember 2022, Hal. 181-188
Terakreditasi "**Peringkat 3**" oleh Kemenristek/BRIN, Nomor SK: 85/M/KPT/2020
DOI: 10.31544/jtera.v7.i2.2022.181-188
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

Antena Mikrostrip *Array* untuk Aplikasi Radar Cuaca pada Frekuensi *C-Band* Menggunakan Metode *Defected Ground Structure*

Hanny Madiawati[#], Asep Barnas Simanjuntak, Enceng Sulaeman, Marsani Shadra Ibnu Hibban
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung,
Jl. Gegerkalong Hilir Ds. Ciwaruga, Kabupaten Bandung Barat, Indonesia
[#]hannymadiawati@polban.ac.id

Abstrak

Antena mikrostrip telah digunakan pada berbagai macam aplikasi, salah satunya adalah aplikasi radar cuaca. Dalam sistem radar diperlukan antena yang memiliki kehandalan untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Antena yang banyak dikembangkan saat ini adalah antena berbasis teknologi mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki kelebihan yaitu mudah difabrikasi dan mempunyai dimensi yang relatif kecil. Disamping kelebihan tersebut, antena ini memiliki kelemahan yaitu *bandwidth* yang sempit dan nilai *gain* yang rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada penelitian ini digunakan metode *Defected Ground Structure* (DGS) untuk meningkatkan *bandwidth* antena mikrostrip. Sedangkan, solusi untuk meningkatkan *gain* adalah dengan menggunakan teknik pencatuan *proximity coupled* dan teknik *array*. Antena ini dibuat menggunakan bahan FR4 dengan konstanta dielektrik 2,64, ketebalan bahan 2 mm, dan *tangent loss* 0,0019. Penelitian ini menghasilkan antena mikrostrip dengan frekuensi 5261,5-5648,7 MHz, *return loss* lebih dari 10 dB, *gain* lebih dari 9 dBi, *bandwidth* lebih dari 200 MHz, dan pola radiasi *unidirectional*. Antena ini pun mengalami kenaikan *bandwidth* sebesar 6,58% dan penurunan nilai *gain* sebesar 6,86%.

Kata kunci: radar cuaca, antena mikrostrip, *Defected Ground Structure* (DGS), *C-band*, *proximity coupled*

Abstract

Microstrip antennas have been used in various applications, one of which is weather radar applications. In a radar system, an antenna is needed that has the reliability to transmit and receive electromagnetic waves. Antennas that are currently being developed are antennas based on microstrip technology. Microstrip antennas have the advantage of being easy to fabricate and have relatively small dimensions. Besides these advantages, this antenna has weaknesses, namely narrow bandwidth and low gain values. To overcome this problem, in this study the Defected Ground Structure (DGS) method was used to increase the bandwidth of microstrip antennas. Meanwhile, the solution to increase the gain is to use a proximity coupled distribution technique and an array technique. This antenna is made using FR4 material with a dielectric constant of 2.64, a material thickness of 2 mm, and a tangent loss of 0.0019. This research produced a microstrip antenna with a frequency of 5261.5-5648.7 MHz, a return loss of more than 10 dB, a gain of more than 9 dBi, a bandwidth of more than 200 MHz, and a unidirectional radiation pattern. This antenna also experienced an increase in bandwidth of 6.58% and a decrease in gain value of 6.86%.

Keywords: *weather radar, microstrip antenna, Defected Ground Structure (DGS), C-band, proximity coupled*

I. PENDAHULUAN

Antena merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk menerima dan memancarkan gelombang radio. Terdapat berbagai macam jenis antena, salah satunya adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip ini adalah salah satu jenis antena yang mempunyai kelebihan diantaranya mudah difabrikasi dan memiliki dimensi yang relatif kecil. Namun, disamping kelebihan tersebut antena ini memiliki kelemahan yaitu *bandwidth* yang sempit dan nilai *gain* yang rendah. Untuk mengatasi permasalahan *bandwidth* yang sempit pada antena mikrostrip maka digunakanlah metode *Defected Ground Structure* (DGS) [1]. Sedangkan untuk mengatasi permasalahan nilai *gain* yang rendah maka digunakan teknik pencatuan *proximity coupled*. Perkembangan teknologi yang semakin

Diterima: 28 April 2022; Direvisi: 12 Desember 2022; Disetujui: 27 Desember 2022

© 2022 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

modern telah menjadikan fungsi antena tidak hanya terbatas pada komunikasi suara saja, tetapi juga menjadi jembatan untuk komunikasi data dan radar cuaca. Dengan adanya peringatan dini kondisi cuaca ini maka dampak negatif yang timbul dari keadaan cuaca yang kurang baik dapat dihindari. Pada sistem radar ini, antena berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik yang dipantulkan saat mengenai sebuah objek [2]. Antena ini beroperasi pada frekuensi *C-band* yaitu pada band 5250 MHz -5725 MHz berdasarkan rekomendasi ITU-T. Kebanyakan radar cuaca yang diintegrasikan di Indonesia beroperasi pada jalur C (*C-band*) alasannya adalah mempertimbangkan adanya perbedaan kebutuhan tentang karakteristik meteorologi dan klimatologi yang cukup signifikan, misalnya kemampuan mendeteksi cuaca yang lebih baik terutama pada partikel-partikel air di dalam awan [3].

Penggunaan antena mikrostrip memiliki kekurangan seperti yang telah disebutkan sebelumnya yaitu memiliki *bandwidth* yang sempit dan karakteristik *gain* yang rendah [4]. Untuk meningkatkan *bandwidth* dapat dilakukan dengan menggunakan metode DGS. Metode ini terbukti dapat meningkatkan *bandwidth* sebesar 31% menggunakan *dumbbell* dengan dimensi sembarang dan dapat meningkatkan *bandwidth* dari 1,044 GHz menjadi 2,18 GHz atau sebesar 108,8% [5]-[6]. Sedangkan untuk mendapatkan *gain* yang tinggi digunakan teknik pencatuan *proximity coupled.* Teknik pencatuan ini terbukti dapat meningkatkan *gain* sebesar 52,58% dari 6,757 dbi menjadi 10,31 dbi [7]-[9]. Selain itu, untuk meningkatkan *gain* dapat digunakan pula teknik *array* seperti pada penelitian [10].

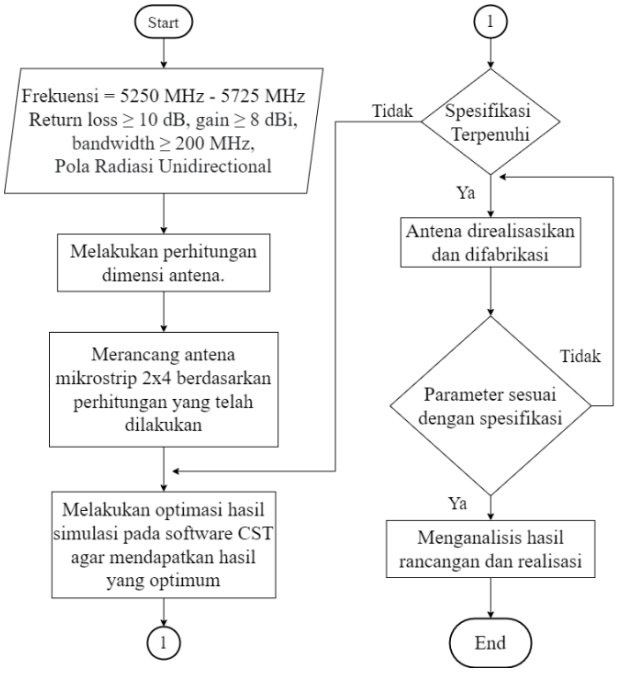
Pada penelitian ini, telah dirancang dan direalisasikan sebuah antena mikrostrip *array* dengan konfigurasi 1x4 yang disusun secara linear dengan bentuk *patch rectangular* dan digunakan untuk aplikasi radar cuaca dengan frekuensi *C-band* 5250-5725 MHz. Tujuan dari penelitian ini adalah, pertama, melakukan simulasi mikrostrip *patch rectangular array* dengan konfigurasi 1x4 yang digunakan untuk aplikasi radar cuaca. Kedua, melakukan realisasi antena dengan menggunakan substrat FR4 yang memiliki permitivitas relatif dielektrik (ε_r) 2,64 dan ketebalan bahan 2 mm. Ketiga, melakukan pengujian parameter yang telah ditentukan sesuai spesifikasi dan melakukan perbandingan hasil simulasi dan pengukuran dari hasil yang diperoleh.

II. METODE PENELITIAN

Perancangan antena dilakukan dalam beberapa tahapan yang dimaksudkan agar perancangan dapat dilaksanakan secara sistematis. Adapun tahapan perancangan yang dilakukan dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

A. Perancangan Perangkat Keras

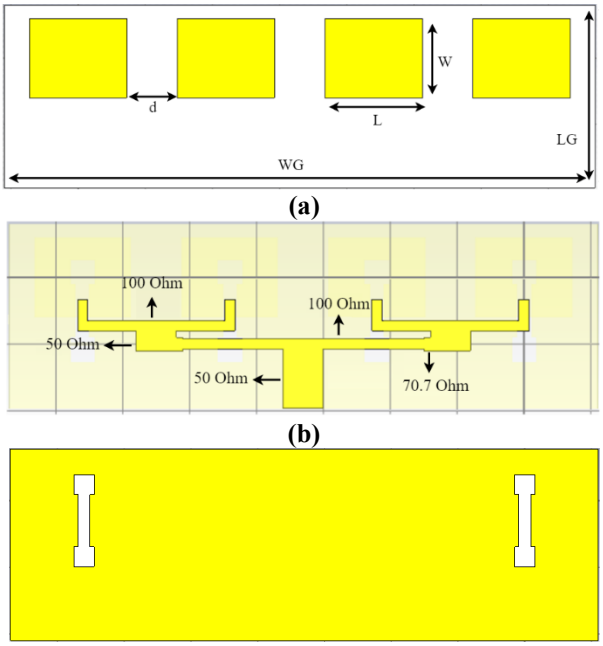
Pada tahap ini, penelitian diawali dengan menentukan spesifikasi antena seperti frekuensi kerja, *gain*, pola radiasi, dan *bandwidth* yang diinginkan. Spesifikasi antenna yang akan diinginkan mempunyai spesifikasi seperti pada Tabel 1 dengan konfigurasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian, dilakukan perhitungan dimensi antena mikrostrip. Lalu, setelah perhitungan parameter antena mikrostrip selesai lalu disimulasikan pada perangkat lunak CST Studio Suite 2019. Hasi simulasi ini perlu dioptimasi untuk mendapatkan hasil yang paling optimum. Jika simulasi sudah mendapatkan hasil yang paling optimum, maka selanjutnya antena akan direalisasi dan difabrikasi. Selanjutnya, antena yang sudah difabrikasi akan dianalisis parameternya, apakah sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan atau belum. Tahapan terakhir adalah dengan melakukan analisa mendalam terhadap perbandingan karakteristik bahan yang digunakan.



Gambar 1. Diagram alir perancangan dan realisasi antena

Tabel 1. Spesifikasi antena mikrostrip *array*

Parameter	Karakteristik
Frekuensi	5250 MHz – 5725 MHz
Bandwidth	≥ 200 MHz
Gain	≥ 9 dB
Return loss	≥ 10 dB
Pola radiasi	*Unidirectional*



Gambar 2. Perancangan antena mikrostrip 1x4 elemen: (a) bagian *patch*, (b) bagian *feed line*, (c) bagian DGS

Substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah FR4 Epoxy. Karakteristik substrat FR4 yang digunakan adalah permitivitas relatif dielektrik (ε_r) 2,64 dan ketebalan dielektrik (h) 2 mm, ketebalan konduktor (t) 0,035 mm, dan *tangent loss* 0,0019.

B. Perhitungan Dimensi Antena

Sebelum melakukan proses simulasi, dilakukan terlebih dahulu proses perhitungan mulai dari dimensi *patch*, *microstrip line*, *groundplane*, dan jarak antar elemen dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

1. Penghitungan besar *lambda* antena

$$\lambda_0 = \frac{C}{f} \tag{1}$$

2. Penghitungan besar lebar *patch* antena

$$W = \frac{C}{2f}\sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r + 1}} \tag{2}$$

3. Penghitungan besar konstanta dielektrik efektif antenna

$$\varepsilon_{r_{eff}} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2}\left[\left(1 + \frac{12\,.\,h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}}\right] \tag{3}$$

4. Penghitungan besar ΔL antena

$$\Delta L = 0{,}412.h.\frac{(\varepsilon_{r_{eff}} + 0{,}3)(^{W}/_{h} + 0{,}264)}{(\varepsilon_{r_{eff}} - 0{,}258)(^{W}/_{h} + 0{,}813)} \tag{4}$$

5. Penghitungan besar panjang *patch* antena

$$L = \frac{C}{2f\sqrt{\varepsilon_{r_{eff}}}} - 2\Delta L \tag{5}$$

6. Penghitungan besar lebar *ground* antena

$$Wg = 3h + W \tag{6}$$

7. Penghitungan besar nilai panjang *ground* antena

$$Lg = 3h + L \tag{7}$$

8. Penghitungan lebar *feed* (Wf)

$$W_f = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \cdot h \tag{8}$$

$$A = \frac{Z_0}{60}\sqrt{\frac{\varepsilon_r + 1}{2}} + \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1}\left(0{,}23 + \frac{0{,}11}{\varepsilon_r}\right) \tag{9}$$

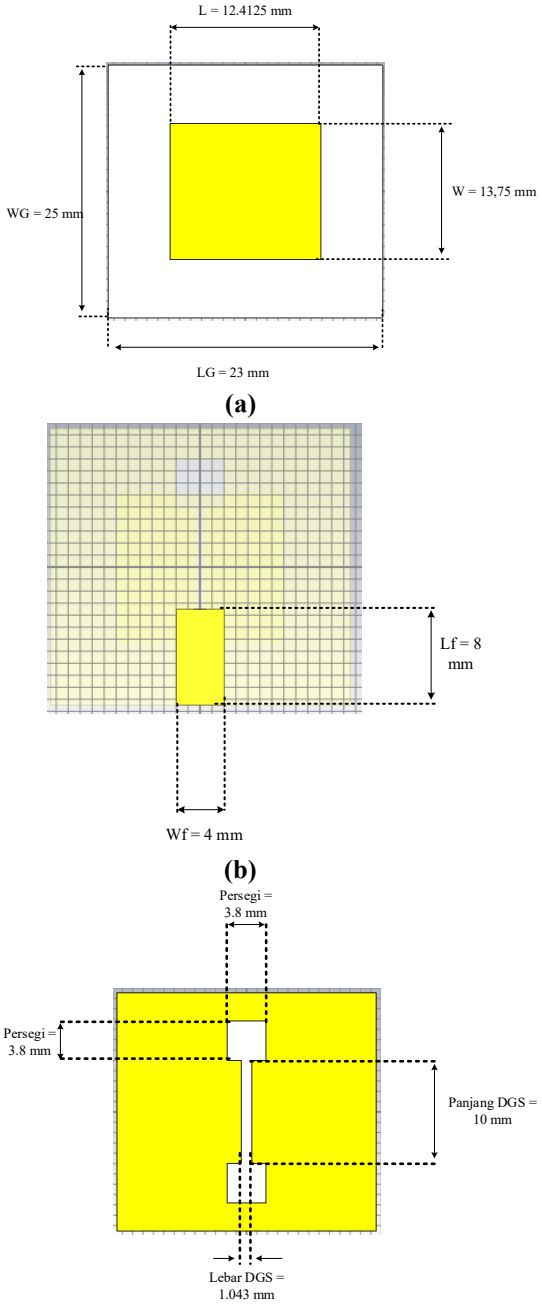
9. Perhitungan panjang *feedline* (Lf)

$$Lf = \frac{1}{4}\lambda_g \tag{10}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_r}} \tag{11}$$

Tabel 2. Dimensi antena hasil perhitungan

Parameter	Nilai (mm)
Lebar *Patch* (W)	20
Panjang *Patch* (L)	15,77
Lebar Ground (Wg)	26
Panjang Ground (Lg)	21,77
Lebar Feed 50 ohm (Wf)	5,507
Lebar Feed 100 ohm (Wf)	1,52
Lebar Feed 70.7 ohm (Wf)	3
Panjang Feedline 50 ohm (Wf)	7,89
Tebal Substrat (h)	2
Tebal Konduktor (t)	0,035



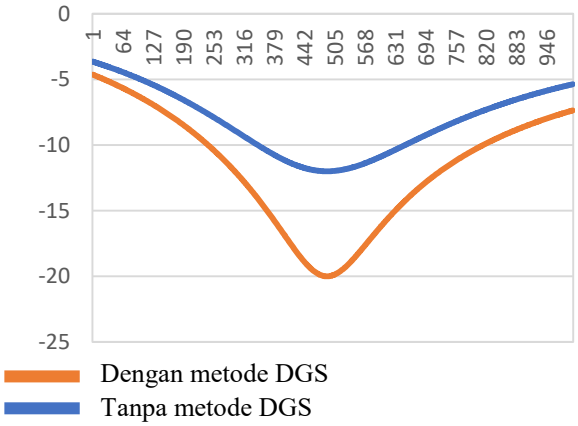
Gambar 3. Dimensi antena mikrostrip: (a) bagian *patch*, (b) bagian *feed*, (c) bagian *ground*

Tabel 2 menunjukkan dimensi antenna hasil perhitungan dan Gambar 3 menunjukkan dimensi antena mikrostrip. Parameter yang diamati yaitu terdapat *bandwidth*, *return loss*, pola radiasi, dan *gain* antena mikrostrip. Parameter tersebut adalah tolak ukur dalam mengetahui kinerja antena sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

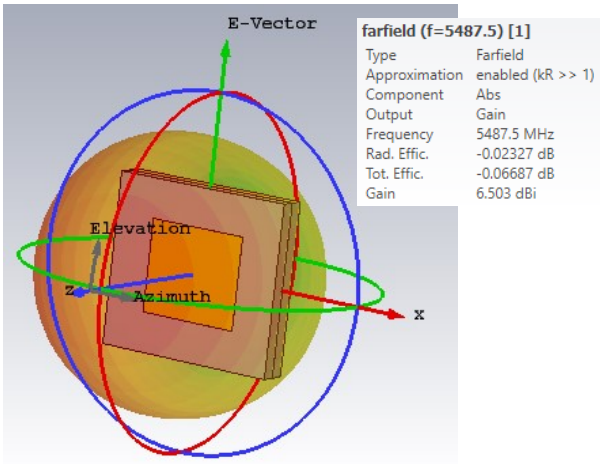
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Simulasi

Berdasarkan perhitungan parameter yang telah dilakukan pada Tabel 2, maka dirancanglah antena



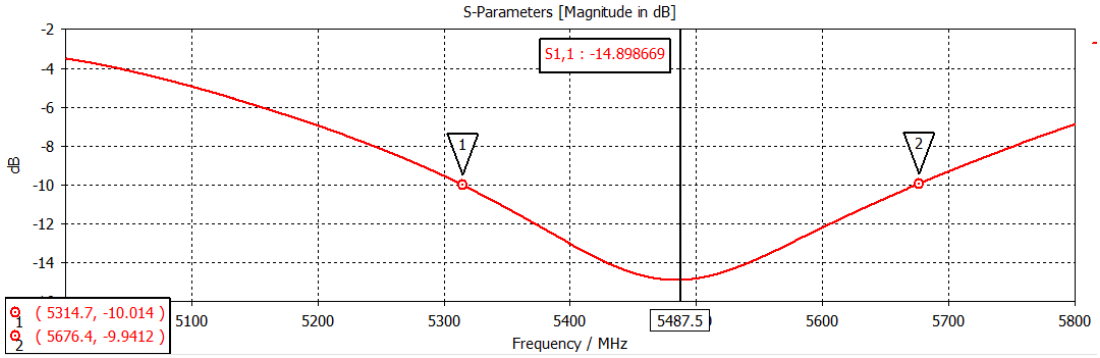
Gambar 4. Perbandingan parameter S11 satu *patch* hasil simulasi



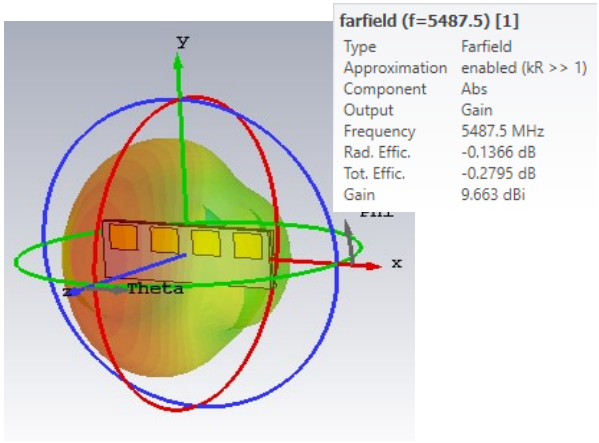
Gambar 5. *Gain* 1 *patch* hasil simulasi

mikrostrip pada perangkat lunak CST Studio Suite 2019. Hasil dari rancangan antena tersebut akan dioptimasi sampai memenuhi spesifikasi teknis yang sudah dilampirkan sebelumnya. Optimasi ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Hasil parameter S11 untuk antena 1 patch tanpa menggunakan metode DGS dan menggunakan metode DGS pada frekuensi 5250-5725 MHz dapat dilihat pada Gambar 4 dengan gain yang ditampilkan pada Gambar 5.

Dapat dilihat pada Gambar 5, hasil simulasi antena 1 patch dengan metode DGS memperoleh *bandwidth* sebesar 576,7 MHz, sedangkan yang tidak menggunakan metode DGS mendapati *bandwidth* 309 MHz. Hal ini membuktikan bahwa dengan menggunakan metode DGS dapat memperlebar *bandwidth* sebesar 186%. Berdasarkan Gambar 6, hasil simulasi menunjukkan antena 1 patch metode DGS ini diperoleh *gain* 6,505 dB.



Gambar 6. *Return loss* dan *bandwidth* antena mikrostrip 1x4 hasil simulasi

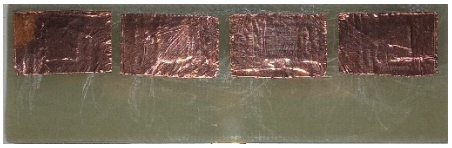


Gambar 7. Gain elemen hasil simulasi antena mikrostrip 1x4

Pada hasil simulasi antena mikrostrip 1x4 ini didapat *bandwidth* sebesar 361,7 MHz dengan menggunakan metode DGS. Berdasarkan Gambar 6, hasil simulasi menunjukkan antena ini bekerja pada band 5676,4 – 5314,7 MHz. Nilai *return loss* yang dihasilkan dalam simulasi antena mikrostrip 4 elemen ini adalah 14 dB pada frekuensi 5487,5 MHz seperti pada Gambar 6. Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 7, *gain* antena mikrostrip 4 elemen diperoleh sebesar 9,663 dB dan sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

B. Realisasi dan Pengujian

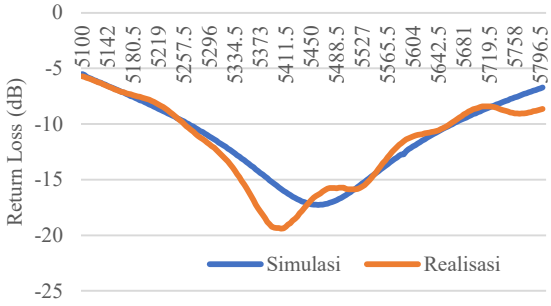
Setelah data simulasi antena mikrostrip 1x4 sudah diperoleh, langkah selanjutnya adalah melakukan realisasi antena dengan melakukan pencetakan antena menggunakan bahan FR4 yang memiliki permitivitas relatif dielektrik (ε_r) 2,64 dan ketebalan dielektrik (h) 2 mm, ketebalan konduktor (t) 0,035 mm, dan *tangent loss* 0,0019. Parameter yang diujikan antara lain *return loss*, *gain*, *bandwidth*, dan pola radiasi. Adapun hasil realisasi antena dapat dilihat pada gambar 8 untuk tampak depan dan Gambar 9 untuk tampak belakang.



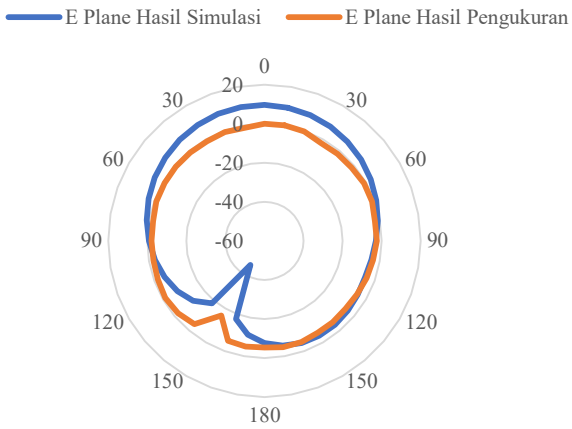
Gambar 8. Antena mikrostrip tampak depan



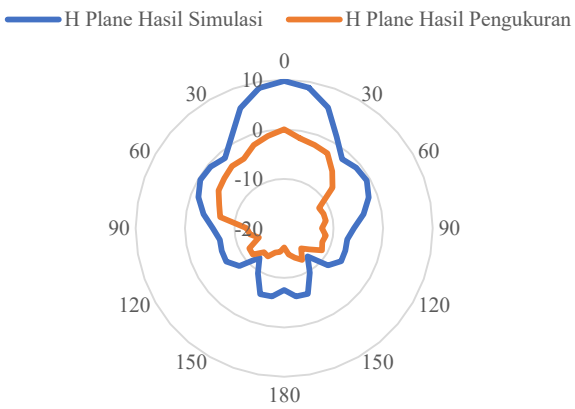
Gambar 9. Antena mikrostrip tampak belakang



Gambar 10. Return loss hasil simulasi dan pengujian



Gambar 11. Grafik E *plane* pengukuran dan simulasi



Gambar 12. Grafik H *plane* pengukuran dan simulasi

Tabel 3. Perbandingan spesifikasi, hasil simulasi, dan hasil pengujian

Parameter	Spesifikasi	Hasil simulasi	Hasil pengujian
Frekuensi (MHz)	5250 MHz – 5725 MHz	5314,7 - 5676,4 MHz	5261,5-5648,7 MHz
Bandwidth (MHz)	≥ 200 MHz	361,7 MHz	387,2 MHz
Return loss (dB)	≥ 10 dB	14,89 dB	19,74 dB
Gain (dB)	≥ 9 dB	9,663 dB	9 dB

Gambar 10 menunjukkan perbandingan *return loss* hasil simulasi dan hasil pengukuran dimana *band* frekuensi pengukuran yang diperoleh adalah 5261,5-5648,7 MHz dengan *bandwidth* yang didapat sebesar 387,2 MHz. Sedangkan secara simulasi didapat band frekuensi 5314,7-5676,4 MHz dan didapat *bandwidth* sebsar 361,7 MHz. Dari hasil perbandingan pengukuran dan simulasi tersebut diperoleh kenaikan *bandwidth* sebesar 6,585% dan terjadi pergeseran *band* frekuensi. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan nilai ε_r pada simulasi dan pengukuran. Hasil pengujian pola radiasi ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12. Gambar 11 adalah bentuk merupakan bentuk pola radiasi dalam bidang-E (elevasi) dan Gambar 12 merupakan bentuk pola radiasi dalam bidang-H (azimuth). Pola radiasi yang dihasilkan adalah *unidirectional* yang dapat dilihat dari pola radiasi terkuatnya hanya ada pada satu arah *main lobe*. Diperoleh HPBW secara simulasi 35,2° pada bidang-H dan 84,4° pada bidang-E. Terdapat penurunan nilai gain yaitu sebesar 6,861%. Tabel 3 menunjukan hasil perbandingan antara spesifikasi yang perlu dicapai, hasil simulasi, dan hasil pengujian. Berdasarkan hasil perbandingan yang disajikan pada Tabel 3 didapat bahwa baik simulasi maupun pengukuran diperoleh parameter antena yang sesuai dengan spesifikasi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil melakukan desain dan realisasi antena mikrostrip 1x4 pada frekuensi C-*band* dengan menggunakan metode DGS untuk aplikasi radar cuaca. Pada hasil simulasi satu elemen didapat *bandwidth* sebesar 576,7 MHz, sedangkan yang tidak menggunakan metode DGS mendapati *bandwidth* 309 MHz. Hal ini membuktikan bahwa dengan menggunakan metode DGS dapat memperlebar *bandwidth* sebesar 186 %. Pada hasil pengukuran setelah antena dicetak didapat *bandwidth* sebesar 387,2 MHz dan pada simulasi didapat *bandwidth* 361,7 MHz. Dari hasil perbandingan pengukuran dan simulasi tersebut diperoleh kenaikan *bandwidth* sebesar 6,585%. Selanjutnya diperoleh nilai *gain* pada hasil simulasi antena mikrostrip 1x4 sebesar 9,663 dB sedangkan pada pengukuran didapat hasil 9 dB. Maka didapat penurunan nilai gain sebesar 6,86%. Untuk parameter pola radiasi baik simulasi dan pengukuran sudah mendapati hasil yang sesuai dengan spesifikasi yaitu *unidirectional*. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan metode lain seperti slot untuk memperlebar *bandwidth*.

REFERENSI

[1] M. P. Supriadi, N. Madhatillah, and H. Ludiyati, "Pengaruh Defected Ground Structure (DGS) Geometri Vertikal terhadap Antena Mikrostrip Berbahan Material Dielektrik Artifisial," *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 2021.

[2] R. Rufaidah, A. A. Pramudita, and R. Anwar, "Perancangan Antena Mikrostrip Array Pada Frekuensi X-Band Untuk Aplikasi Radar Cuaca," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, pp. 3830, 2020.

[3] A. Prakasa and F. D. Utami, "Sistem Informasi Radar Cuaca Terintegrasi BMKG," *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering* (JTECE), vol. 1, no. 2, pp. 78-87, 2019.

[4] Z. L. Patriana, "Desain Defected Ground Structure (DGS) Bentuk Spiral Untuk Memperbaiki Karakteristik Radiasi Antena Susun Patch Persegi Pencatuan Tunggal," *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik*, 2018.

[5] H. Junas, "Meningkatkan Bandwidth Antena Mikrostrip Bentuk Lingkaran Untuk Aplikasi Antena 5G Dengan Menggunakan Metode DGS,"

Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi (SeNITiA), 2018.

[6] V. M. Belekar, P. Mukherji, and M. Pote, "Improved Microstrip Patch Antenna with Enhanced Bandwidth, Efficiency and Reduced Return Loss Using DGS," *International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WISPNET)*, pp. 2471-2464, 2017.

[7] A. A. C. Kristiono and N. Yus, "Perancangan Antena Mikrostrip Rectangled Dengan Teknik Pencatuan Proximity Coupled Pada Frekuensi 3.8 GHz," *eJournal Mahasiswa Akademi Telkom*, 2020.

[8] N. Aulia and Elisma, "Desain Antena Mikrostrip Array 2x4 Dengan Teknik Pencatuan Proximity Coupled Untuk Aplikasi 5G Pada Frekuensi 2,6 GHz," *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2021.

[9] S. Debora, "Analisis perbandingan antena mikrostrip pencatu feedline dan proximity coupled pada frekuensi 2,4-2,5," *Undergraduate Thesis*, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, 2017.

[10] B. P. A. Mahatmanto and C. Apriono, "High Gain 4x4 Microstrip Rectangular Patch Array Antenna for C-Band Satellite Applications," *2020 FORTEI-International Conference on Electrical Engineering (FORTEI-ICEE)*, pp. 125-129, 2020.