

PENGARUH PENGGUNAAN CSRR DAN U-SLOT DENGAN PROXIMITY COUPLING PADA ANTENA MIKROSTRIP TRIANGULAR

Maudy Silvie Annisa *

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Efri Sandi

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Aodah Diamah

Pendidikan Teknik Elektronika,
Universitas Negeri Jakarta,
Indonesia

Info Artikel

Catatan Artikel:

Diterima: 04 Juni 2024

Revisi: 12 Juni 2024

Disetujui: 25 Juni 2024

DOI : 10.21009/jvote.v7i1.49361



Kata Kunci:

Antena Mikrostrip
U-Slot
Proximity Coupling
Radar Cuaca X-Band

Abstrak

Antena mikrostrip merupakan salah satu komponen penting dalam sistem radar cuaca, khususnya pada frekuensi X-band, yang membutuhkan kinerja tinggi dalam hal gain dan bandwidth. Penelitian ini menganalisis pengaruh teknik triangular Complementary Split Ring Resonator (CSRR) dan U-slot dengan pencatutan proximity coupling terhadap performa antena mikrostrip segitiga. Material yang digunakan adalah Rogers RT5880 dengan konstanta dielektrik sebesar 2,2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena konvensional menghasilkan nilai VSWR sebesar 1,374, return loss -16,039 dB, bandwidth 78,707 MHz, dan gain 10,12 dB. Sementara itu, antena yang dimodifikasi dengan CSRR dan U-slot serta pencatutan proximity coupling menunjukkan peningkatan performa dengan nilai VSWR 1,495, return loss -14,048 dB, bandwidth 160,596 MHz, dan gain 12,09 dB. Penambahan struktur CSRR pada groundplane serta U-slot dan inset feed pada patch terbukti efektif dalam meningkatkan gain dan bandwidth antena. Dengan demikian, teknik ini berpotensi diterapkan pada sistem radar cuaca untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas transmisi sinyal.

Artikel : Maudy Silvie Annisa. (2024). Pengaruh Penggunaan Csrr Dan U-Slot Dengan Proximity Coupling Pada Antena Mikrostrip Triangular. *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika*, 7(1), 38-47

PENDAHULUAN

Radar cuaca yang merupakan suatu sistem gelombang elektromagnetik yang dapat mendeteksi dan mengukur informasi cuaca yang terdiri dari pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Radar cuaca umumnya beroperasi pada C-Band dan X-Band dengan melihat adanya kebutuhan yang berbeda. Di dalam sistem radar terdapat antena. Antena radar memancarkan sinyal gelombang mikro pada objek yang dituju (Mahendran et al., 2021). Antena mikrostrip mempunyai beberapa kelebihan lainnya seperti mudah untuk difabrikasi, pengaplikasian dengan dihubungkan berbagai elemen mikrostrip lainnya dapat dilakukan dengan mudah, memiliki banyak teknik pencatutan dengan metode-metode yang ada dan untuk biaya pembuatan antena mikrostrip relatif murah dan terjangkau. Antena mikrostrip memiliki beberapa kelemahan antara lain *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang rendah (Aulia & Elisma, 2021).

Dengan demikian diperlukan metode untuk memperlebar *bandwidth* dan menaikkan *gain*. Untuk mengatasi kelemahan antena mikrostrip yaitu *bandwidth* yang sempit dapat dilakukan penambahan U-slot dan inset pada patch. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan inset dan U-slot pada patch dapat memperluas *bandwidth* dan meningkatkan *gain* walau peningkatan tidak terlalu tinggi (Abbas & Natsir, 2022). Untuk meningkatkan *gain* dapat menambah teknik metamaterial *Complementary Split Ring Resonator* (CSRR) pada bagian *ground* dapat mengurangi dimensi pada antena, memperluas *bandwidth*, mengurangi *return loss* dan VSWR serta mengurangi *side lobe* pada pola radiasi antena mikrostrip (Alam & Kurniawan, 2018). Selain menggunakan U-slot dan inset untuk memperlebar *bandwidth* dapat dilakukan dengan teknik pencatutan *proximity coupling* (Christviyana et al., 2019; Madiawati et al., 2023)

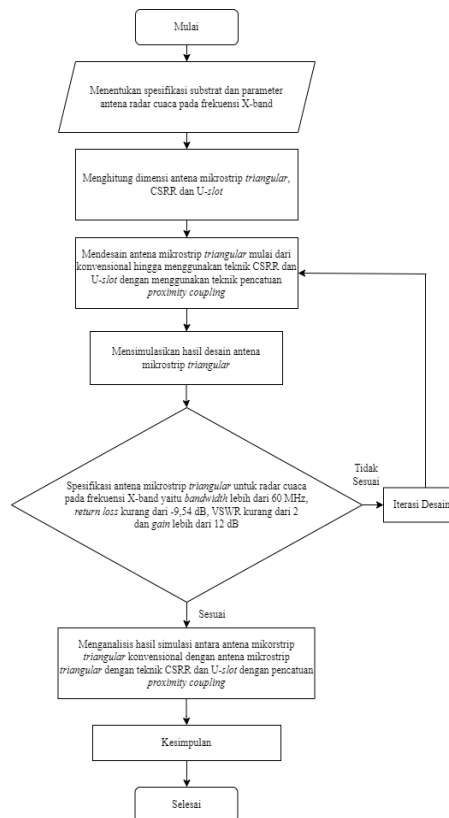
Coressponding author:

Maudy Silvie Annisa. Universitas Negeri Jakarta, Indonesia (maudysilvieannisa@unj.ac.id)

Penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi penting dalam pengembangan antena mikrostrip untuk berbagai aplikasi komunikasi dan radar. (Manalu et al., 2024; Madiawati et al., 2022). membahas desain antena mikrostrip berbentuk *rectangular patch* dengan penambahan slot untuk aplikasi radar cuaca, khususnya dalam aspek pemancaran dan penerimaan gelombang elektromagnetik yang berkaitan dengan fenomena atmosfer. Sementara itu, (Eriane Putri et al., 2021) merancang dan mensimulasikan antena mikrostrip berbentuk segitiga gerigi yang dilengkapi dengan circular slot serta menggunakan teknik pencatutan *proximity coupled*, yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja antena dalam aplikasi LTE, terutama pada parameter bandwidth dan gain. Penelitian lain mengembangkan antena mikrostrip triangular patch untuk aplikasi LTE pada frekuensi 2,3 GHz dengan pendekatan metode parasitic dan teknik pencatutan tidak langsung atau *microstrip feed line* (Irawan, 2017; Handika, 2022; Medianto & Hardiman, 2022). Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk memperlebar bandwidth dan meningkatkan efisiensi radiasi antena. Antena mikrostrip MIMO berbentuk circular patch untuk aplikasi LTE pada rentang frekuensi kerja 2,3–2,4 GHz. Penelitian tersebut menitikberatkan pada peningkatan performa antena melalui penerapan teknik E-shaped slot dan optimasi dimensi, yang terbukti mampu menghasilkan gain tinggi, bandwidth lebar, serta pola radiasi yang sesuai dengan kebutuhan sistem LTE (Budi et al., 2017; Farino et al., 2019). Berangkat dari studi-studi tersebut, penelitian ini merancang antena mikrostrip triangular dengan penambahan struktur *Complementary Split Ring Resonator (CSRR)* dan U-slot, serta menggunakan teknik pencatutan *proximity coupling*. Antena ini ditujukan untuk aplikasi radar cuaca pada frekuensi X-band (9,4 GHz). Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat dicapai peningkatan signifikan pada parameter bandwidth dan gain, sehingga antena mampu bekerja secara optimal dalam mendeteksi dan memetakan fenomena cuaca.

METODE

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel maupun lebih tanpa membuat perbandingan atau menghubungkan dengan variabel lain.



Gambar 1. Diagram alir

Diagram alir tersebut menggambarkan tahapan sistematis dalam proses perancangan dan analisis antenna mikrostrip triangular untuk aplikasi radar cuaca pada frekuensi X-band. Proses dimulai dengan penentuan spesifikasi substrat dan parameter antenna yang sesuai dengan kebutuhan radar cuaca. Selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi antenna triangular, termasuk struktur tambahan seperti CSRR dan U-slot. Desain antenna kemudian dibuat, baik versi konvensional maupun versi yang menggunakan teknik CSRR dan U-slot dengan pencatutan proximity coupling. Setelah desain selesai, dilakukan simulasi untuk mengevaluasi parameter performa antenna seperti bandwidth, return loss, VSWR, dan gain. Jika hasil simulasi belum memenuhi spesifikasi yang ditetapkan (bandwidth > 60 MHz, return loss < -9,54 dB, VSWR < 2, dan gain > 12 dB), maka dilakukan iterasi desain. Jika sudah sesuai, proses dilanjutkan dengan analisis perbandingan antara antenna konvensional dan antenna yang telah dimodifikasi. Tahapan ini diakhiri dengan penarikan kesimpulan dari hasil analisis dan simulasi.

HASIL DAN DISKUSI

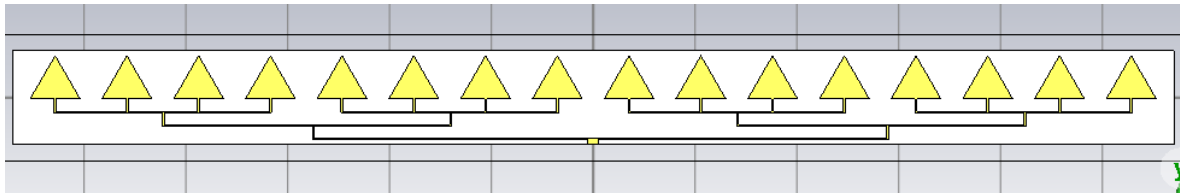
Hasil penelitian yang telah dilakukan adalah antenna mikrostrip *triangular* konvensional dan antenna mikrostrip *triangular* dengan CSRR dan U-slot menggunakan pencatutan *proximity coupling*. Antenna mikrostrip *triangular* didesain dan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak CST *Studio Suite*. Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan akan digunakan untuk antenna mikrostrip *triangular* konvensional dan antenna mikrostrip *triangular* dengan CSRR dan U-slot menggunakan pencatutan *proximity coupling*. Hasil perhitungan dimensi antenna dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Dimensi Antena

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
a	14,34	Panjang sisi <i>patch</i>
$W_{T-Junction} 50 \Omega$	4,82	Lebar pencatu 50Ω
$W_{T-Junction} 100 \Omega$	2,75	Lebar pencatu 100Ω
$W_{T-Junction} 70,0 \Omega$	1,37	Lebar pencatu $70,7 \Omega$
L_1	10,76	Panjang sisi ring luar CSRR
L_2	5,38	Panjang sisi ring dalam CSRR
g	1	Gap CSRR
F	0,53	Lebar U-slot
C	4,3	Panjang U-slot vertikal
D	1,06	Panjang U-slot horizontal
L_i	5,4	Panjang <i>inset</i>
W_i	1,5	Lebar <i>inset</i>

Antena Mikrostrip Konvensional

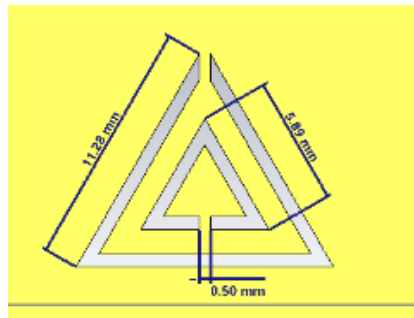
Desain antenna mikrostrip *triangular* konvensional adalah rancangan antenna dengan menggunakan pencatutan secara langsung atau *direct coupling* dengan posisi elemen *patch* langsung bersentuhan dengan saluran perncatu. Hasil desain antenna mikrostrip konvensional dapat dilihat pada gambar berikut:



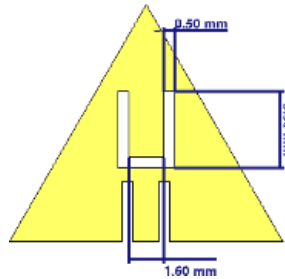
Gambar 2. Antena Mikrostrip Triangular

Antena Mikrostrip CSRR dan U-slot dengan Pencatuan *Proximity Coupling*

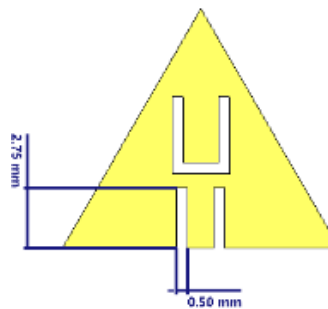
Desain antena mikrostrip *triangular* dengan CSRR pada bagian *groundplane* dan U-slot pada bagian *patch* dengan teknik pencatuan *proximity coupling*. Pada Gambar 3 sampai 5 merupakan desain hasil iterasi dimensi antena dari CSRR, U-slot dan *inset feed*.



Gambar 3. Iterasi Dimensi CSRR



Gambar 4. Iterasi Dimensi U-slot

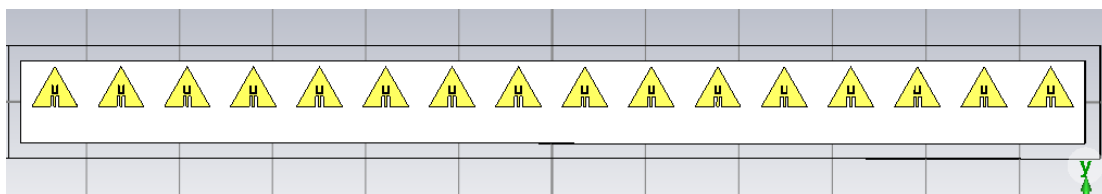


Gambar 5. Iterasi Dimensi *Inset Feed*

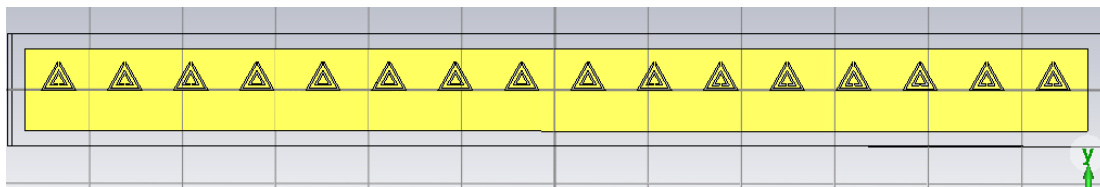
Desain hasil iterasi dimensi antena mikrostrip triangular yang ditampilkan dalam gambar terdiri dari tiga elemen utama: CSRR (Complementary Split Ring Resonator), U-slot, dan inset feed,

yang masing-masing dioptimasi untuk meningkatkan performa antenna dalam aplikasi radar cuaca X-band. Struktur CSRR ditampilkan sebagai tiga segitiga konsentris dengan ukuran berbeda, di mana segitiga terbesar berukuran 11,20 mm dan segitiga tengah 6,50 mm. CSRR berfungsi sebagai resonator metamaterial yang mampu memperluas bandwidth dan menurunkan nilai return loss dengan mengganggu arus permukaan pada ground plane. U-slot ditanamkan pada patch segitiga dengan dimensi slot berbentuk huruf "U" berukuran 1,60 mm × 3,50 mm, yang berperan dalam mengatur distribusi arus dan memperluas frekuensi resonansi antenna. Sementara itu, inset feed ditampilkan sebagai slot berbentuk huruf "H" dengan lebar dasar 2,75 mm, yang digunakan untuk menyesuaikan impedansi antara saluran pencatu dan patch, sehingga menghasilkan nilai VSWR yang rendah dan efisiensi transfer daya yang tinggi. Ketiga elemen ini dirancang secara iteratif untuk mencapai spesifikasi antenna radar cuaca X-band, yaitu bandwidth > 60 MHz, return loss < -9,54 dB, VSWR < 2, dan gain > 12 dB, menjadikan desain ini lebih unggul dibandingkan antenna konvensional.

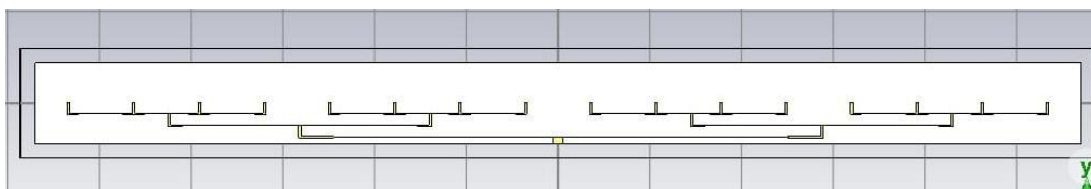
Hasil desain antenna mikrostrip *triangular* dengan CSRR pada bagian *groundplane* dan U-slot serta *inset* pada bagian patch dengan teknik pencatutan *proximity coupling* yang sudah melakukan proses iterasi dapat dilihat pada Gambar 6 sampai 8.



Gambar 6. Tampak Depan pada Substrat Atas



Gambar 7. Tampak Belakang



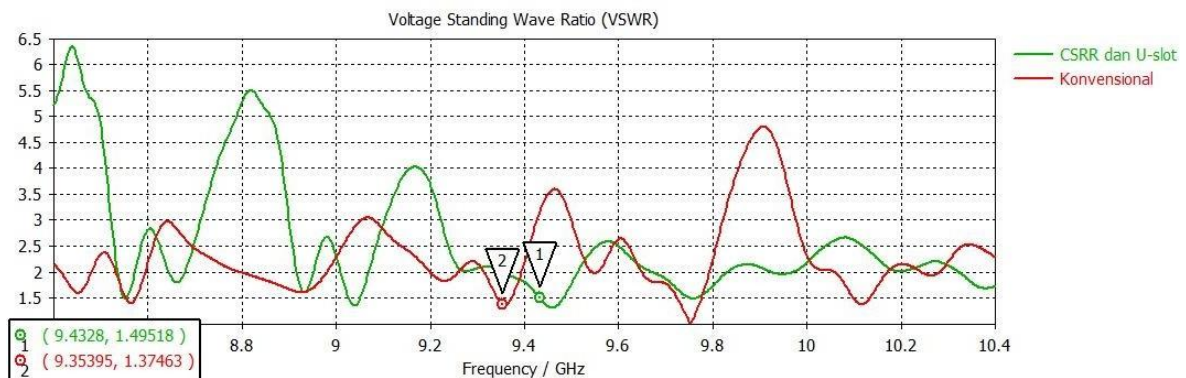
Gambar 8. Tampak Depan pada Substrat Bawah

Hasil Simulasi Desain Antena

Pada proses simulasi antenna desain perlu dilakukan iterasi desain yaitu mengubah nilai dimensi antenna agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi parameter yang telah ditetapkan. Hasil iterasi dimensi dengan dibandingkan hasil perhitungan dimensi seperti yang disajikan pada Tabel 2.

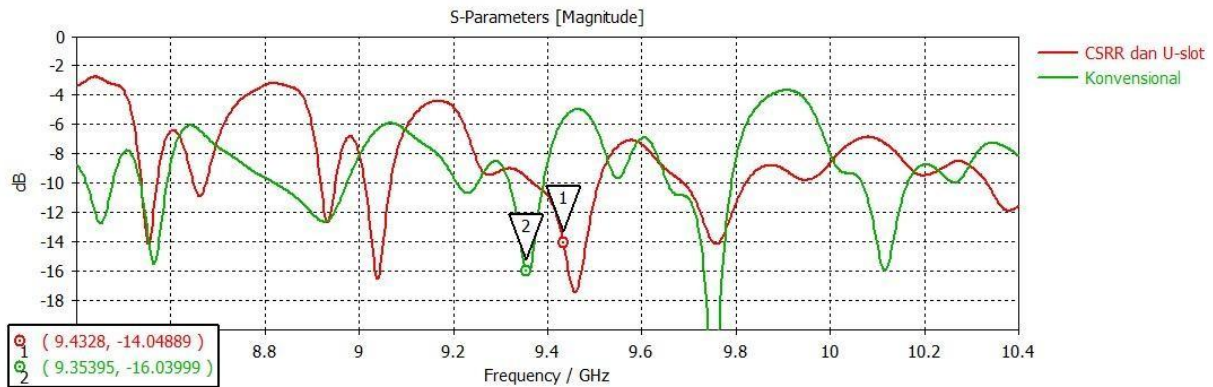
Tabel 2. Perbandingan Dimensi Hasil Perhitungan dan Iterasi Desain

Parameter	Hasil Perhitungan (mm)	Hasil Iterasi (mm)
a	14,34	12,56
$W_{T-Junction} 50 \Omega$	4,82	1,2
$W_{T-Junction} 100 \Omega$	2,75	0,65
$W_{T-Junction} 70,0 \Omega$	1,37	0,27
L_1	10,76	11,28
L_2	5,38	5,89
g	1	0,5
F	0,53	0,5
C	4,3	3,5
D	1,06	1,6
Li	5,4	2,75
Wi	1,5	0,5



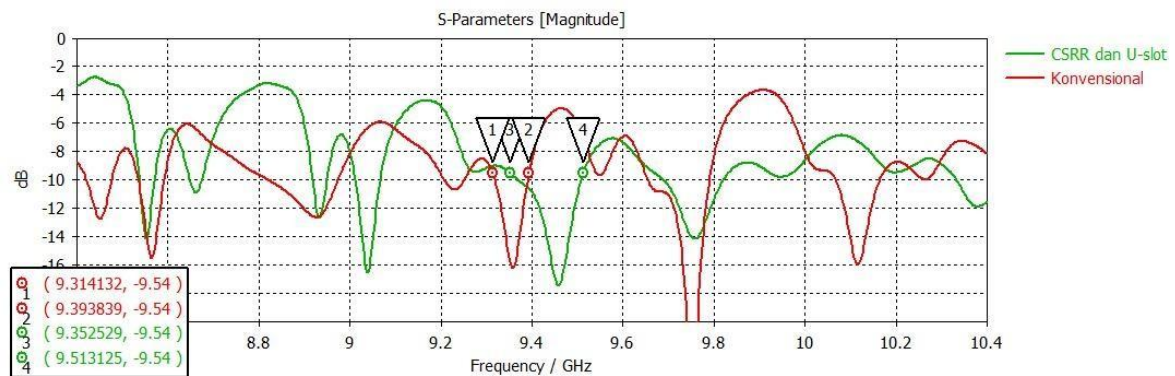
Gambar 9. Hasil Simulasi VSWR Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan ProximityCoupling

Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi VSWR menunjukkan perbandingan performa antara antena mikrostrip konvensional dan antena yang dimodifikasi dengan struktur CSRR dan U-slot menggunakan teknik pencatuan proximity coupling. Pada grafik, garis merah mewakili antena konvensional dengan nilai VSWR sebesar 1,37463 pada frekuensi 9,35395 GHz, sedangkan garis hijau mewakili antena CSRR dan U-slot dengan nilai VSWR sebesar 1,49518 pada frekuensi 9,4328 GHz. Kedua nilai VSWR berada di bawah ambang batas ≤ 2 , yang menandakan bahwa kedua antena memiliki karakteristik impedansi yang baik dan minim refleksi daya. Meskipun antena konvensional menunjukkan nilai VSWR yang sedikit lebih rendah, antena CSRR dan U-slot tetap menunjukkan performa yang optimal karena mendukung frekuensi kerja X-band dan memiliki keunggulan dalam hal bandwidth, sebagaimana ditunjukkan pada simulasi sebelumnya.



Gambar 10. Hasil Simulasi Return Loss Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan Proximity Coupling

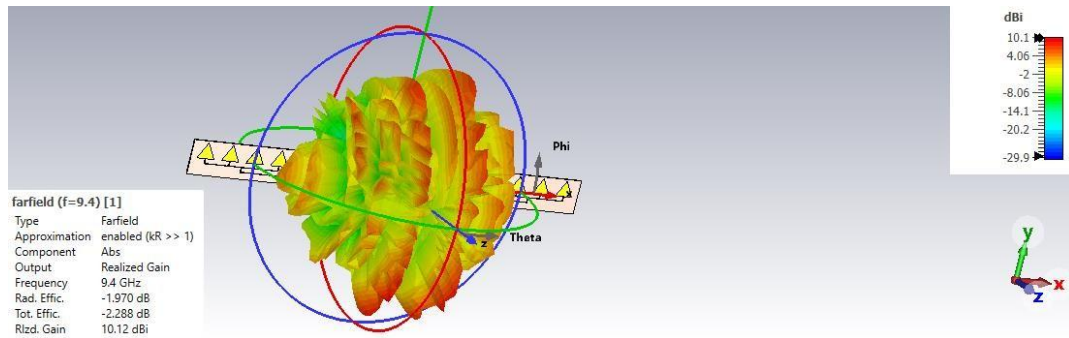
Gambar 10 tersebut menunjukkan hasil simulasi return loss menunjukkan perbandingan performa antara antenna mikrostrip konvensional dan antenna yang dimodifikasi dengan struktur CSRR dan U-slot menggunakan teknik pencatuan proximity coupling. Pada grafik, garis hijau mewakili antenna konvensional dengan nilai return loss terbaik sebesar $-16,04$ dB pada frekuensi $9,35$ GHz, sedangkan garis merah mewakili antenna CSRR dan U-slot dengan nilai return loss sebesar $-14,05$ dB pada frekuensi $9,43$ GHz. Meskipun antenna konvensional menunjukkan nilai return loss yang lebih rendah (lebih negatif), antenna CSRR dan U-slot tetap menunjukkan performa yang baik karena mendukung frekuensi kerja X-band dan memberikan bandwidth yang lebih luas, sebagaimana ditunjukkan pada simulasi sebelumnya. Hal ini menandakan bahwa desain modifikasi mampu meningkatkan efisiensi radiasi dan cakupan frekuensi antenna secara keseluruhan.



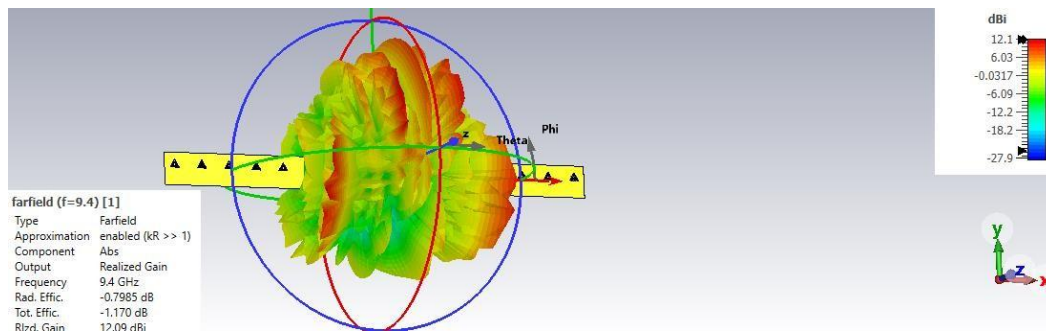
Gambar 11. Hasil Simulasi Bandwidth Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan Proximity Coupling

Gambar 11 tersebut menunjukkan hasil simulasi bandwidth antenna mikrostrip dengan membandingkan dua jenis desain: antenna konvensional dan antenna dengan struktur CSRR dan U-slot menggunakan teknik pencatuan proximity coupling. Grafik ini merupakan representasi dari S-Parameter (magnitudo) terhadap frekuensi dalam rentang $8,6$ GHz hingga $10,4$ GHz, dengan sumbu Y menunjukkan nilai dalam dB (dari 0 hingga -14 dB).

Grafik hasil simulasi pada Gambar 11 menunjukkan perbandingan bandwidth antara antenna mikrostrip konvensional dan antenna yang dimodifikasi dengan struktur CSRR dan U-slot serta pencatuan proximity coupling. Empat marker pada grafik menandai titik-titik di mana nilai return loss mencapai $-9,54$ dB, yang digunakan sebagai ambang batas untuk menentukan bandwidth efektif. Antenna konvensional memiliki bandwidth yang lebih sempit, yaitu pada rentang frekuensi $9,314$ GHz hingga $9,393$ GHz. Sebaliknya, antenna dengan CSRR dan U-slot menunjukkan bandwidth yang lebih lebar, yaitu antara $9,352$ GHz hingga $9,513$ GHz. Perbedaan ini menunjukkan bahwa modifikasi struktur dan teknik pencatuan berhasil meningkatkan performa antenna dalam hal bandwidth.



Gambar 12. Hasil Simulasi Gain Antena Konvensional



Gambar 13. Hasil Simulasi Gain Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan *Proximity Coupling*

Perbandingan parameter antenna hasil simulasi antara desain antenna mikrostrip triangular konvensional dan antenna mikrostrip triangular yang dimodifikasi dengan struktur CSRR dan U-slot menggunakan teknik pencatuan *proximity coupling* dilakukan untuk mengevaluasi peningkatan performa antenna. Analisis terhadap hasil simulasi kedua desain tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Parameter Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan *Proximity Coupling*

Parameter	Spesifikasi Parameter	Antena Mikrostrip Konvensional	Antena Mikrostrip CSRR dan U-slot dengan Pencatuan <i>Proximity Coupling</i>
VSWR	≤ 2	1,374	1,495
Return loss (dB)	$\leq -9,54$	-16,039	-14,048
Bandwidth (MHz)	≥ 60	79,707	160,596
Gain (dB)	≥ 12	10,12	12,09

Dengan penambahan CSRR pada *ground* serta U-slot dan *inset feed* mampu meningkatkan *gain* menjadi 12,09 dB dan memperlebar *bandwidth* menjadi 160,596 MHz sehingga dengan adanya teknik tersebut pada antenna mikrostrip dapat memenuhi spesifikasi parameter pada antenna radar cuaca yang telah ditetapkan sebelumnya.

KESIMPULAN

Penggunaan CSRR dan U-slot pada suatu desain antenna mikrostrip dapat meningkatkan nilai *gain* maupun memperlebar *bandwidth*. Setelah melakukan beberapa kali proses iterasi dapat diketahui bahwa dengan menambahkan CSRR pada *ground* dan U-slot serta *inset feed* pada *patch* mampu menaikkan nilai *gain* dan memperlebar *bandwidth*. Dengan menggunakan CSRR dan U-slot mampu menaikkan *gain* sebesar 1,39 dB dari 10,70 dB menjadi 12,09 dB dengan persentase kenaikan sebesar 12,99% dan dapat memperlebar *bandwidth* sebesar 80,889 MHz dari 79,707 MHz menjadi 160,596 MHz persentase kenaikan sebesar 101,48%.

REFERENSI

- Abbas, M., & Natsir, N. I. (2022). *Rancang Bangun Antena Mikrostrip 2x1 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Jaringan 5G* [Politeknik Negeri Ujung Pandang]. http://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/3053%0Ahttp://repository.poliupg.ac.id/3053/1/RANCANG_BANGUN_ANTENA_MIKROSTRIP_2X1_ARRAY_RECTANGULAR_PATCH_DENGAN_U-SLOT_UNTUK_JARINGAN_5G.pdf
- Alam, S., & Kurniawan, A. (2018). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Beban Parasitic untuk Aplikasi ISM Band 2,4 GHz. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, 7(27), 277–286.
- Aulia, N., & Elisma. (2021). 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*, 5, 717–723.
- Budi, I. M. ., Nugraha, E. S., & Agung, A. (2017). Perancangan Dan Analisis Antena Mikrostrip Mimo Circular Pada Frekuensi 2.35 GHz Untuk Aplikasi LTE. *Jurnal Infotel*, 9(1), 136. <https://doi.org/10.20895/infotel.v9i1.130>
- Christviana, D., Wijanto, M. T., & Saputera, Y. P. (2019). Antena Array 2x2 dengan Polarisasi Ganda untuk Radar Cuaca X-Band. *e-Proceeding of Engineering*, 6(2), 3550.
- Eriane Putri, F., Charisma, A., Ketut Hariyawati Dharmi, N., Yani Jl Terusan Jend Sudirman, A., Cimahi Sel, K., Cimahi, K., & Barat, J. (2021). Perancangan Antena Segitiga Gerigi Circular Slot untuk Memperkuat Sinyal LTE. *Jurnal ELECTRON*, 2(2), 23–32.
- Farino, A., Imansyah, F., & Suryadi, D. (2019). Rancang Bangun Antena Array Mikrostrip Patch Triangular-Circular Untuk Aplikasi Wireless Local Area Network (WLAN). *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 7(1).
- Irawan, B. (2017). *Biquad Untuk Wlan 2 4 Ghz Dengan Menggunakan Pencatuan Proximity Coupled*. 01(September), 33–40.
- Madiawati, H., Rahmansyah, R., & Simanjuntak, A. B. (2023). Antena Mikrostrip Multilayer Parasitik pada Frekuensi C Band Radar Cuaca. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(4), 933. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i4.933>
- Madiawati, H., Simanjuntak, A. B., Sulaeman, E., & Hibban, M. S. I. (2022). Antena Mikrostrip Array untuk Aplikasi Radar Cuaca pada Frekuensi C-Band Menggunakan Metode Defected Ground Structure. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 7(2), 181. <https://doi.org/10.31544/jtera.v7.i2.2022.181-188>
- Mahendran, K., Gayathri, D. R., & Sudarsan, H. (2021). Design of multi band triangular microstrip patch antenna with triangular split ring resonator for S band, C band and X band applications. *Microprocessors and Microsystems*, 80, 103400. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103400>
- Manalu, M. F., Muh. Wildan, & Yoga Dewantara, M. F. (2024). Rancangan Antena Mikrostrip Rectangular Patch Dengan Tambahan Slot Untuk Aplikasi Antena Cuaca. *Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya*, 5(2), 98–106. <https://doi.org/10.36706/jres.v5i2.108>
- Medianto, D., & Hardiman, M. Y. (2022). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Triangular Metode Parasitic Untuk Aplikasi LTE di Frekuensi 2,3 GHz. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, 2(1), 9–12. <https://doi.org/10.47709/dsi.v2i1.1518>

