

PENGARUH PENGGUNAAN *COMPLEMENTARY SPLIT RING RESONATOR (CSRR)* DAN *U-SLOT* DENGAN PENCATUAN *PROXIMITY COUPLING* PADA ANTENA MIKROSTRIP *TRIANGULAR*

Maudy Silvie Annisa¹, Efri Sandi², Aodah Diamah³

¹ Mahasiswa Prodi Pendidikan Teknik Elektronika, FT – UNJ

^{2,3} Dosen Prodi Pendidikan Teknik Elektronika, FT – UNJ

¹ maudy.mdysa614@gmail.com, ² efri.sandi@unj.ac.id, ³ adimah@unj.ac.id

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk analisis teknik *triangular complementary split ring resonator (CSRR)* dan *U-slot* dengan pencatuan *proximity coupling* pada aplikasi antena radar cuaca frekuensi X-band. Bahan yang digunakan pada antena mikrostrip adalah Rogers RT5880 yang memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r) sebesar 2,2. Hasil simulasi pada antena konvensional menghasilkan nilai VSWR 1,374, return loss -16,039 dB, bandwidth 78,707 MHz dan gain 10,12 dB. dan antena dengan CSRR dan U-slot dengan pencatuan *proximity coupling* menghasilkan nilai VSWR 1,495, return loss -14,048 dB, bandwidth 160,596 MHz and gain 12,09 dB. Penambahan CSRR dan U-slot berhasil meningkatkan nilai gain dari 10,12 dB menjadi 12,09 dB dan meningkatkan nilai bandwidth dari 79,707 MHz to 160,595 MHz. Penambahan CSRR pada groundplane serta U-slot dan inset feed pada patch berhasil meningkatkan parameter gain antena dan meningkatkan bandwidth antena.

Kata kunci : *complementary split ring resonator*, *U-slot*, *proximity coupling*, radar cuaca

1. 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 (Permana dkk, 2016).

Antena mikrostrip mempunyai beberapa kelebihan lainnya seperti mudah untuk difabrikasi, pengaplikasian dengan dihubungkan berbagai elemen mikrostrip lainnya dapat dilakukan dengan mudah, memiliki banyak teknik pencatuan dengan metode-metode yang ada dan untuk biaya pembuatan antena mikrostrip relatif murah dan terjangkau (Christviana, Wijanto, & Saputera, 2019). Antena mikrostrip memiliki beberapa kelemahan antara lain *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang rendah (Surjati, 2010).

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 (Govindarajulu dkk, 2023). 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 (Yuda dkk, 2021). Selain menggunakan *U-slot* dan *inset* untuk memperlebar *bandwidth* dapat dilakukan dengan teknik pencatuan *proximity coupling* (Grilo & Corra, 2015).

Pada penelitian ini, antena mikrostrip *triangular* didesain dengan menambahkan metode CSRR dan *U-slot* dengan pencatuan *proximity coupling* pada radar cuaca X-band dengan frekuensi 9,4 GHz dan dengan desain ini diharapkan dapat memperlebar *bandwidth* dan menaikkan *gain*.

2. Dasar Teori

2.1. Radar

Radio detection and ranging atau yang lebih dikenal dengan radar adalah sebuah sistem elektromagnetik yang dapat mendeteksi, mengukur jarak dan memetakan objek seperti pesawat terbang dan informasi tentang cuaca atau hujan. Saat sebuah objek memasuki area tangkapan antena, sinyal yang terdeteksi diteruskan ke pusat sistem radar lalu akan diproses hingga objek yang terdeteksi akan muncul di layar monitor (Wardoyo, 2014). Konsep radar yaitu mengukur jarak dari sensor ke target. Untuk dapat mengukur jarak dilakukan dengan

mengukur waktu yang diperlukan gelombang elektromagnetik untuk merambat dari sensor ke target dan kembali ke sensor. Pada saat itu sistem radar yang mengenai target dipantulkan ke banyak arah dan ada beberapa sinyal atau *echo* yang kembali ke radar. Sinyal *echo* akan dideteksi radar dengan melalui antena penerima yang umumnya berada di tempat yang sama dengan pemancar (Dewanto, 2014).

Radar cuaca banyak beroperasi pada jalur C atau C-band dan ada juga sebagian beroperasi pada jalur X atau X-band. Hal ini dikarenakan adanya pertimbangan kebutuhan yang berbeda dari karakteristik meteorologi dan klimatologi. Polarisasi pada radar cuaca yang beroperasi X-Band beroperasi dengan jarak maksimum antara 50 km-60 km (Prakasa & Utami, 2019).

2.2. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena yang berbentuk strip metalik atau *patch mounted* yang diletakkan di layar dielektrik atau yang dikenal dengan substrat yang dibawahnya terdapat *ground plane*. Antena mikrostrip memiliki *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang terbatas, tetapi antena mikrostrip merupakan antena yang paling umum digunakan karena memiliki bentuk yang sederhana dan mudah untuk membuatnya sehingga menjadi lebih efisien. Salah satu bentuk antena mikrostrip *triangular* adalah segitiga atau *triangular*. Antena mikrostrip *triangular* merupakan bentuk antena yang memiliki peradiasi atau *patch* yang paling kecil dibanding antena mikrostrip lainnya, sehingga perancangan dibuat (Surjati, 2010). Untuk mendapatkan nilai dimensi antena mikrostrip *patch triangular* menggunakan nilai frekuensi kerja:

$$f_r = \frac{2c}{3a_{eff}\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

$$a = \frac{2c}{3f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

Dengan a merupakan sisi *patch*, ϵ_r merupakan konstanta dielektrik substrat dan c merupakan kecepatan cahaya.

2.3. Pencatuan Proximity Coupling

Pencatuan *proximity coupling* dilakukan dengan menggunakan dua buah substrat, *patch* berada di atas substrat bagian atas dan dibawah substrat bagian atas terdapat saluran pencatu. Saluran pecatu juga berada di atas substrat bagian bawah yang diletakkan di antara lebar *patch* dan berjarak dari ujung *patch* dan dibawah substrat bagian bawah terdapat *groundplane* (Surjati, 2010). Jika dibandingkan dengan teknik pencatuan *microstrip feed line* dan *coaxial probe*, maka teknik pencatuan *proximity coupling* lebih besar dari pencatuan *microstrip feed line* dan *coaxial probe* yang dimana *bandwidth* menjadi lebih lebar 11,8% dan 15,5%. (Grilo & Corra, 2015).

2.4. Complementary Split Ring Resonator (CSRR)

Metamaterial adalah material yang didesain yang memiliki sifat elektromagnetik yang tidak dimiliki alam yang diciptakan dengan rekayasa teknologi yang disusun secara sistematis agar memiliki sifat permitivitas dan permeabilitas yang negatif sehingga metamaterial cocok untuk diterapkan pada antena. Salah satu bentuk metamaterial adalah *Complementary Split Ring Resonator* (CSRR). CSRR diletakkan pada bagian ground antena yang termasuk teknik *defected ground structure* (DGS). (Bala dkk, 2012). *Triangular* CSRR menghasilkan karakteristik *bandwidth* yang lebih baik jika dibandingkan dengan *square* CSRR. *Triangular* CSRR memiliki konfigurasi filter yang paling tajam (Pang dkk, 2019). Untuk mencari dimensi dari *triangular* CSRR dapat menggunakan persamaan berikut:

$$L_1 = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_r}} \quad (3)$$

$$L_2 = \frac{L_1}{2} \quad (4)$$

Dengan L_1 adalah cincin CSRR bagian luar dan L_2 adalah cincin CSRR bagian dalam.

2.5. U-slot

U-slot merupakan salah satu teknik pada struktur *patch* antena yang memiliki kelebihan untuk mengurangi *side lobe* pada antena mikrostrip dan dapat memperluas *bandwidth* (Yan dkk, 2019). Untuk mencari dimensi *U-slot* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$F = \frac{\lambda}{60} \quad (5)$$

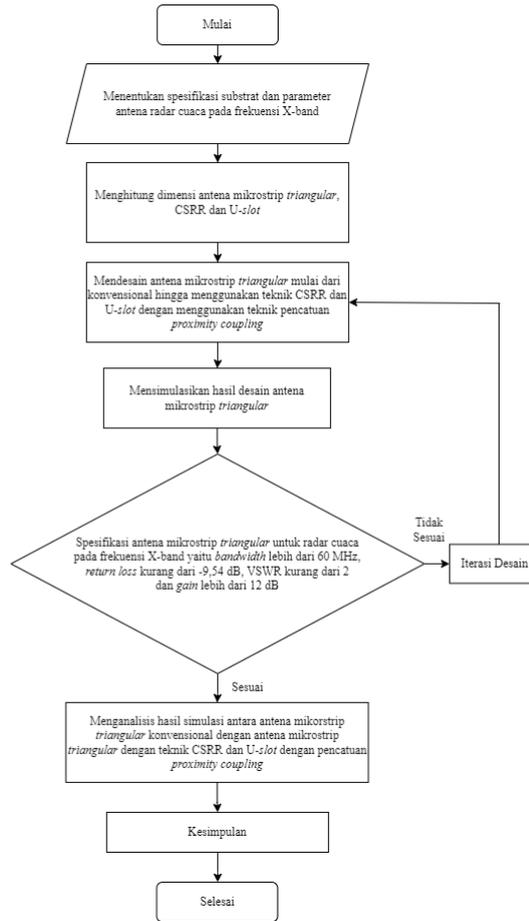
$$C \geq 0,3 w \quad (6)$$

$$D = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2(L + 2\Delta L - F) \quad (7)$$

Dengan F adalah lebar U -slot, C adalah panjang U -slot secara vertikal dan D adalah panjang U -slot secara horizontal.

3. Metodologi

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 (Sugiyono, 2013).



Gambar 3.1. Flowchart

4. Hasil dan Analisis

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:

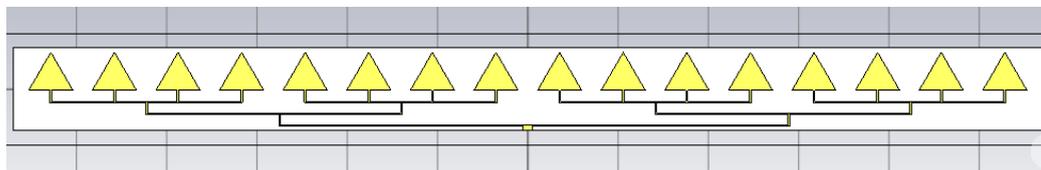
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Dimensi Antena

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

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
$W_{T-Junction}$ 70,0 Ω	1,37	Lebar pencatu 70,7 Ω
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
Li	5,4	Panjang inset
Wi	1,5	Lebar inset

4.1 Antena Mikrostrip Konvensional

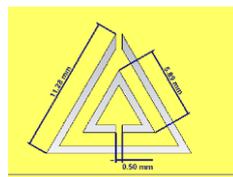
Desain antena mikrostrip *triangular* konvensional adalah rancangan antena dengan menggunakan pencantuan secara langsung atau *direct coupling* dengan posisi elemen *patch* langsung bersentuhan dengan saluran pencatu. Hasil desain antena mikrostrip konvensional dapat dilihat pada gambar berikut:



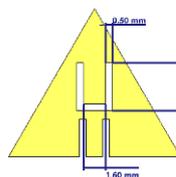
Gambar 4. 1 Antena Mikrostrip Triangular

4.2 Antena Mikrostrip CSRR dan U-slot dengan Pencantuan *Proximity Coupling*

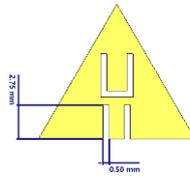
Desain antena mikrostrip *triangular* dengan CSRR pada bagian *groundplane* dan U-slot pada bagian *patch* dengan teknik pencantuan *proximity coupling*. Pada Gambar 4.2 sampai 4.4 merupakan desain hasil iterasi dimensi antena dari CSRR, U-slot dan *inset feed*.



Gambar 4. 2 Iterasi Dimensi CSRR

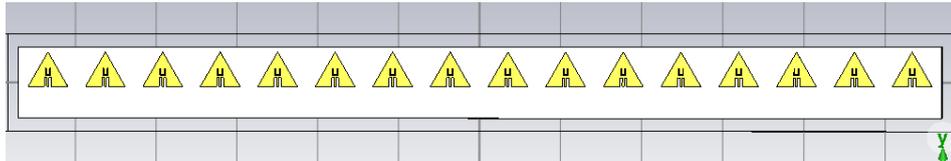


Gambar 4. 3 Iterasi Dimensi U-slot

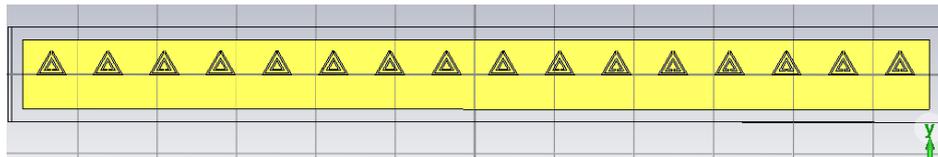


Gambar 4. 4 Iterasi Dimensi *Inset Feed*

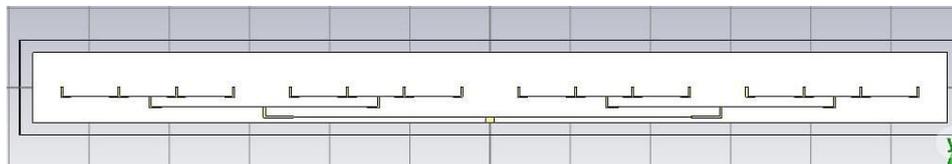
Hasil desain antenna mikrostrip *triangular* dengan CSRR pada bagian *groundplane* dan *U-slot* serta *inset* pada bagian *patch* dengan teknik pencatutan *proximity coupling* yang sudah melakukan proses iterasi dapat dilihat pada Gambar 4.5 sampai 4.7.



Gambar 4. 5 Tampak Depan pada Substrat Atas



Gambar 4. 6 Tampak Belakang



Gambar 4. 7 Tampak Depan pada Substrat Bawah

4.3 Hasil Simulasi Desain Antena

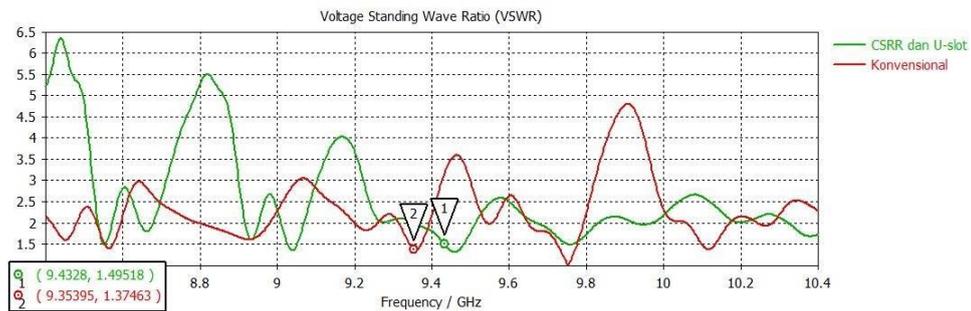
Pada proses simulasi antenna desain perlu dilakukan iterasi desain yaitu mengubah nilai dimensi antenna agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi parameter yang telah ditetapkan. Hasil iterasi dimensi dengan dibandingkan hasil perhitungan dimensi

Tabel 4. 2 Perbandingan Dimensi Hasil Perhitungan dan Iterasi Desain

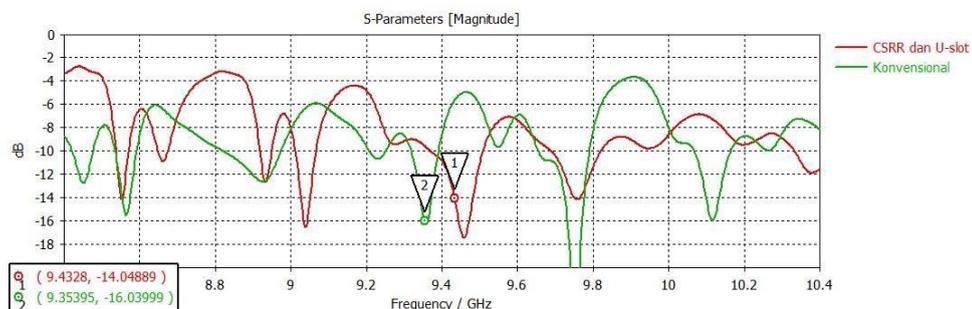
Parameter	Hasil Perhitungan (mm)	Hasil Iterasi (mm)
a	14,34	12,56
$W_{T-junction} 50 \Omega$	4,82	1,2
$W_{T-junction} 100 \Omega$	2,75	0,65
$W_{T-junction} 70,0 \Omega$	1,37	0,27
L_1	10,76	11,28
L_2	5,38	5,89
g	1	0,5
F	0,53	0,5
C	4,3	3,5

Parameter	Hasil Perhitungan (mm)	Hasil Iterasi (mm)
D	1,06	1,6
Li	5,4	2,75
Wi	1,5	0,5

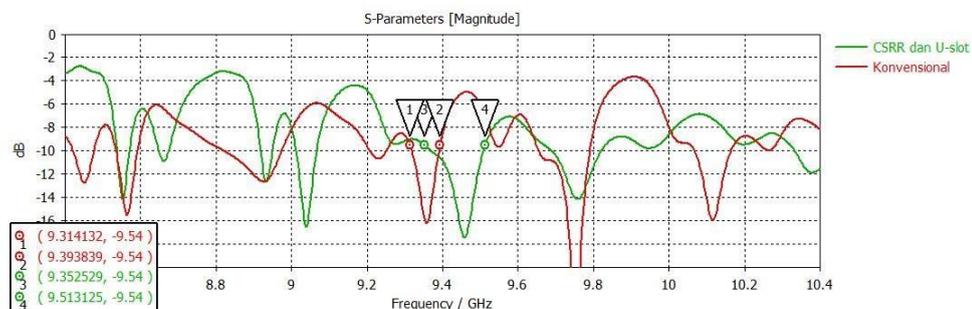
Perbandingan parameter antenna hasil simulasi desain antenna mikrostrip konvensional dan antenna mikrostrip triangular dengan CSRR dan U-slot menggunakan pencatuan *proximity coupling*



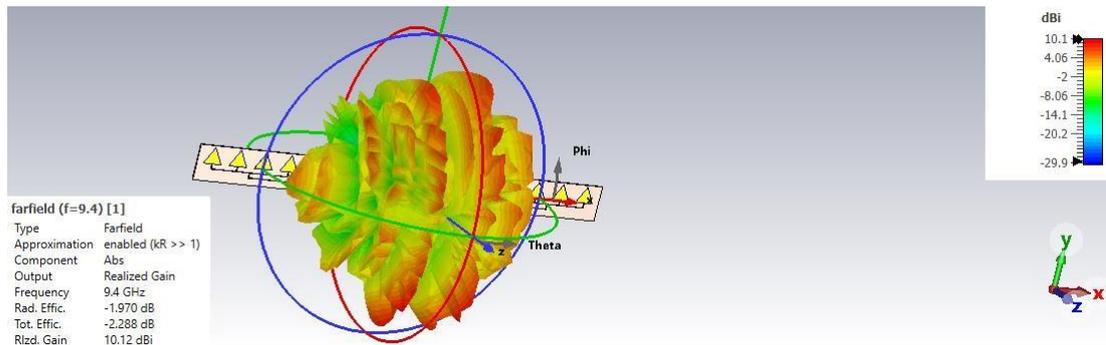
Gambar 4. 8 Hasil Simulasi VSWR Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan Proximity Coupling



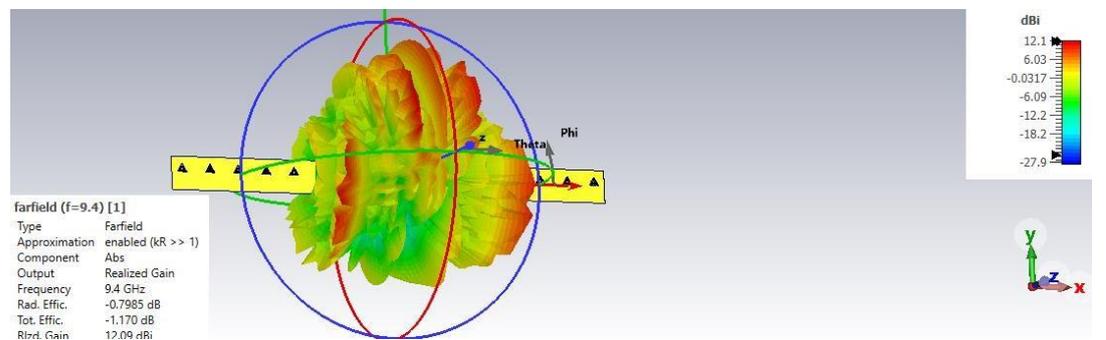
Gambar 4. 9 Hasil Simulasi Return Loss Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan Proximity Coupling



Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Bandwidth Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan Proximity Coupling



Gambar 4. 11 Hasil Simulasi Gain Antena Konvensional



Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Gain Antena Konvensional dan Antena CSRR U-slot dengan Pencatuan Proximity Coupling

Analisis perbandingan parameter hasil simulasi antara antenna mikrostrip *triangular* konvensional dan antenna mikrostrip *triangular* CSRR dan U-slot dengan pencatuan *proximity coupling* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 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 Proximity Coupling
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.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 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%.

5.2 Saran

Dalam penelitian tidak lepas dari masalah selama proses penelitian sehingga memiliki saran untuk mengembangkan kembali penelitian tentang antena mikrostrip *triangular CSRR* dan *U-slot* dengan pencatuan *proximity coupling*, yaitu penelitian ini mengalami penurunan performansi *return loss* VSWR. Untuk meningkatkan nilai *return loss* dan VSWR dapat dilakukan pembaharuan seperti mengganti bentuk CSRR atau bentuk *slot* untuk mencapai performansi yang lebih baik.

Daftar Pustaka:

- Alaydrus, M. (2011). *Antena Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Bala, B. D., Rahim, M. K., Murad, N., Ismail, M., & Majid, H. A. (2012). Design and Analysis of Metamaterial Antenna Using Triangular Resonator.
- Balanis. (2005). Antenna. *ANTENNA THEORY*, 27.
- Christvivyana, D., Wijanto, H., & Saputera, Y. P. (2019). Antena Array 2x2 dengan Polarisasi Ganda untuk Radar Cuaca X-Band.
- Dewanto, Y. (2014). Sistem Radar Sebagai Alat Indikasi Sasaran Bergerak.
- Diawuo, H. A., & Youngbae, J. (2018). Broadband Proximity Coupled Microstrip Planar Antenna Array for 5G Cellular Applications.
- Govindarajulu, S. R., Tarek, M. N., Guerra, M. R., Hassan, A., & Alwan, E. (2023). Modified U Slot Patch Antenna with Large Frequency Ratio for Vehicle-to-Vehicle Communication.
- Grilo, M., & Correira, F. S. (2015). Rectangular Patch Antenna on Textile Substrate Fed by Proximity Coupling.
- Krzysztofik, Wojciech, Cao, & Thanh. (2019). Metamaterials in Application to Improve Antenna Parameters.
- Pang, S., Dong, J., Li, J., Qu, X., & Sun, S. (2019). Broadband UHF Near-Field RFID Reader Antenna with Triangular CSRR .
- Permana, D. S., Hutapea, T. F., Praja, A. S., Fatkhuroyan, & Muzayanah, L. F. (2016). Pengolahan Multi Data Format Radar Cuaca Menggunakan Wradlib Berbasis Python.
- Prakasa, A., & Utami, F. D. (2019). Sistem Informasi Radar Cuaca Terintegrasi BMKG.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: ALFABETA.
- Surjati, I. (2010). *Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya*. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Syawaludin, A. (2016). Rancang Bangun Antena Mikrostrip Linier Array 4 Element Dengan Pencatuan Proximity Coupling Frekuensi 1,5GHz – 1,6GHz Pada Aplikasi Mobile Satellite.
- Wardoyo, E. (2014). Analisis Interferensi Frekuensi Radar Cuaca C-Band di Indoensia.
- Yan, B., Sheng, W., Shi, C., Lu, J., & Xu, H. (2019). Wideband Wide-scanning Phased Array of U-slot Microstrip Antenna Elements in Triangular Lattice.
- Yuda, F. A., Nugroho, B. S., & Nur, L. O. (2021). Perancangan dan Analisis Antena Metamaterial Patch Sirkular untuk Teknologi 5G dengan CSRR pada Frekuensi.
- Zakariah, M. A., Afriani, V., & Zakariah, M. (2020). *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Action Research, Research And Development (RnD)*. Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warramah Kolaka.