

Perancangan Antena Mikrostrip Untuk Lora Pada Frekuensi 922 Mhz

1st Adli Cenca Perdana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

Adlicen@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Bambang Setia Nugroho
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Saat ini LoRa menggunakan teknik modulasi yang berdasarkan teknologi chirp spread spectrum. Teknologi LoRa dikembangkan karena tingginya permintaan akan perangkat jaringan nirkabel yang memiliki konektivitas jarak jauh, hemat daya, dan berbiaya rendah. Jaringan berbasis LoRa ini dianggap sebagai teknologi baru yang potensial menangani komunikasi nirkabel untuk bermacam aplikasi IoT. Antena mikrostrip memiliki masa yang ringan juga mudah di fabrikasi dengan ini antenna mikrostrip sangat mudah ditempatkan hampir disemua permukaan juga antenna ini ukurannya jauh lebih kecil dibandingkan antenna lainnya. Teknik yang digunakan untuk miniaturisasi yaitu Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR) Agar mampu memenuhi spesifikasi LoRa dengan frekuensi 922 Mhz Hasil dari simulasi pada penelitian ini menunjukkan setiap 1 buah metamaterial akan mempengaruhi pergerakan frekuensi yang ada pada antenna. Pada hasil desain pertama mendapatkan hasil returnloss sebesar -18,26 dB dan gain sebesar 1.099 dBi, serta mengurangi dimensi patch sebesar 20,8% dan pada ukuran grounplane menghasilkan pengurangan dimensi antenna sebesar 9,75%. Metode kedua mengurangi dimensi patch sebesar 20% dan pada ukuran grounplane menugrangi dimensi antenna sebesar 1%, mendapatkan hasil returnloss sebesar -13 dB dan gain sebesar 1.929 dBi pada hasil pengukuran

Kata kunci— Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR), DGS, mikrostrip antenna, LoRa.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada era digital ini semakin pesat, kita temui masyarakat luas banyak menggunakan internet sebagai keseharian mereka. Hal ini dapat di lihat dari banyaknya perangkat teknologi yang ada disekitar, tentu sudah tidak heran dengan adanya beberapa alat otomatis yang kiat jumpai, Sehingga dibutuhkan suatu teknologi atau alat yang dapat memberi pakan ikan secara mudah, dapat dikontrol kapanpun, dan dapat dilakukan walaupun jaraknya jauh. Maka dari itu pada penelitian ini di buatlah antenna mikrostrip yang akan di gunakan pada modul LoRa yang bisa di sambungkan untuk perangkat yang membutuhkan kontrol jarak jauh.

LoRa merupakan teknik modulasi yang berdasarkan teknologi chirp spread spectrum. Teknologi LoRa

dikembangkan karena tingginya permintaan akan perangkat jaringan nirkabel yang memiliki konektivitas jarak jauh, hemat daya, dan berbiaya rendah. Format modulasi yang memiliki rentang frekuensi 920- 923 MHz. LoRa secara pesat sudah diimplementasikan di USA dan Eropa. Teknologi ini menggunakan radio frekuensi (RF) broadband jangkauan luas. Jaringan berbasis LoRa ini dianggap sebagai teknologi baru yang potensial menangani komunikasi nirkabel untuk bermacam aplikasi IoT [1].

Modul LoRa sendiri memiliki ukuran yang kecil maka untuk menyesuaikan dimensinya dibutuhkan miniaturisasi Secara umum nilai frekuensi kerja yang digunakan akan menentukan fisik dari dimensi antenna, semakin kecil frekuensi maka dimensi antenna akan semakin besar. Dibutuhkan miniturisasi antenna agar dimensi antenna tidak terlalu besar tetapi dengan desain yang sama. Ada beberapa teknik untuk miniaturisasi. Pada penelitian ini berfokus pada Teknik Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR), dimana membuat beberapa metamaterial berstruktur array pada groundplane antenna yang dapat memperkecil frekuensi kerja dengan dimensi yang sama dengan perancangan awal antenna.

Tugas Akhir ini bertujuan merancang desain miniaturisasi antenna mikrostrip yang mampu memenuhi spesifikasi LoRa untuk diaplikasikan dan menganalisis parameter kerja antenna mikrostrip dari proses simulasi yang sudah di kerjakan. Hasil dari tugas akhir ini untuk membantu perancangan dan pengembangan miniaturisasi antenna terutama dalam Teknik Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR).

II. KAJIAN TEORI

A. MetaMaterial

Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR) termasuk dari pada metamaterial. Metamaterial sendiri sebuah struktur buatan yang tidak berasal dari alam dan di rekayasa dengan bentuk susunan berurut agar mempunyai karakteristik permeabilitas dan/atau permitivitas negatif [2].

B. Complimentary Split Ring Resonator (CSRR)

Complementary Split Ring Resonator merupakan struktur yang terbuat dari dua ring slot diantara kedua ring tersebut terdapat ring tembaga yang memisahkan, Complementary Split Ring Resonator juga merupakan bentuk komplementer dari desain SRR. Pemodelan desain yang berbeda antara SRR dan CSRR. [3].

C. Defected Ground Structure (DGS)

Pada tugas akhir ini menggunakan dua metode yang digabungkan, pertama adalah antenna mikrostrip dengan RCSRR, yang kedua adanya penambahan DGS atau (Defected ground structure). DGS adalah suatu metode untuk menekan gelombang permukaan dengan cara memotong bagian pada *groundplane*. [3] Gelombang permukaan merupakan gelombang yang tidak diinginkan pada keluaran antenna, karena gelombang permukaan dapat mengurangi efisiensi *gain*, dan membatasi bandwidth. [4].

D. Long Range (LoRa)

Teknologi LoRa merupakan suatu perubahan gelombang tertentu yang berubah menjadi sinyal dan mampu membawa suatu informasi, perubahan gelombang teratur secara bersekal dan berulang, proses perubahan tersebut biasa disebut dengan modulasi. Modulasi yang di hasilkan dari LoRa yaitu modulasi FM, teknologi modulasi tersebut yang memungkinkan untuk mengirim data jarak jauh berdaya rendah. LoRa bekerja pada beberapa frekuensi sesuai regulasi masing masing negara yaitu 433MHz, 868 MHz, 915 MHz [5]. Dari regulasi yang ada di Indonesia, frekuensi yang digunakan untuk LoRa ini berada pada frekuensi 920 –923 MHz. sedangkan bandwidth LoRa yang digunakan di Indonesia adalah 125 KHz [5].

E. Antena Mikrostrip

Antena sendiri merupakan suatu komponen yang dapat mengubah dari energi listrik menjadi energi elektromagnetik. Antena mikrostrip yaitu konduktor yang menempel diatas suatu *groundplane*, diantaranya berisi bahan dielektrik, antena ini memiliki masa yang ringan juga mudah di fabrikasi, Antenna ini memiliki 3 komponen penting didalamnya, yaitu *patch*, substans dielektrik dan *groundplane*.

F. Parameter antena

Parameter antena merupakan hal paling penting dalam merancang suatu antena. Berikut parameter yang digunakan untuk perancangan penelitian ini.

1. Pola radiasi adalah grafis penggambaran pada radiasi dari antena sebagai fungsi arah.
2. Polarisasi antena ditentukan dengan pola radiasi gelombang yang diradiasikan antena dalam menerima gelombang yang masuk.
3. *Returnloss*, merupakan suatu parameter untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak Kembali sebagai gelombang pantul.
4. *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) merupakan perbandingan antara gelombang yang dikirim dengan yang dipantulkan oleh beban pada saluran transmisi. Terjadinya gelombang berdiri disebabkan oleh ketidaksesuaian antara impedansi saluran dengan impedansi beban

5. Bandwidth adalah jarak frekuensi dari sebuah antenna yang bertujuan untuk menunjukkan batas dari frekuensi yang digunakan.
6. Gain adalah Gain merupakan jumlah energi yang diradiasikan antena ke udara, antena tidak sepenuhnya efisien. Internal loss juga merupakan bagian dari gain antena, Kemampuan antena untuk memfokuskan energi yang diradiasikan dapat didefinisikan sebagai direktivitas.

G. Dimensi Antena

Perhitungan untuk mencari lebar *patch* (W_p) ditunjukkan pada persamaan 2.3 berikut [6],

$$W_p = \frac{1}{2f_r \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}, \quad (2.3)$$

Perhitungan untuk mencari Panjang *patch* (L_p) bisa dilihat pada persamaan 2.4, 2.5, dan 2.6 ini,

$$L_p = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_r \text{eff}} \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta l, \quad (2.4)$$

$$\Delta l \text{ adalah, } \frac{\Delta l}{h} = 0,412 \frac{(\epsilon_r \text{eff} + 0,3) \left(\frac{W_p}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_r \text{eff} - 0,258) \left(\frac{W_p}{h} + 0,8\right)}, \quad (2.5)$$

$$\epsilon_r \text{eff} \text{ adalah, } \epsilon_r \text{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W_p}\right]^{-1/2}. \quad (2.6)$$

Setelah itu untuk mencari lebar *groundplane* (W_g) dapat dihitung dengan persamaan 2.7 ini,

$$W_g = 6h + W_p, \quad (2.7)$$

Perhitungan untuk mencari panjang *groundplane* (L_g) ditunjukkan pada persamaan 2.8 berikut,

$$L_g = 6h + L_p, \quad (2.8)$$

Untuk perhitungan mencari lebar *feed* (W_f) ditunjukkan pada persamaan 2.9,

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}, \quad (2.9)$$

Dimana B adalah,

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}}, \quad (2.10)$$

dengan Z_0 adalah nilai impedansi antena (Ω).

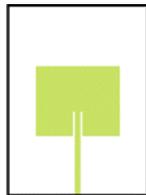
Kemudain untuk menentukan Panjang *feed* (L_f) ditunjukkan pada persamaan 2.11,

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4}, \quad (2.11)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r \text{eff}}} \tag{2.12}$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \tag{2.13}$$

H. Pencatu *Feedline*



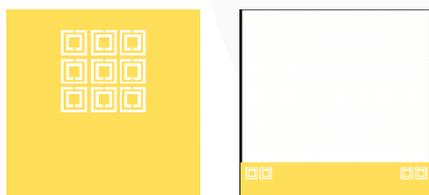
Tugas Akhir ini menggunakan pencatutan antenna dengan metode inset-feed karena memiliki keunggulan yaitu bandwidth yang lebar dan nilai gain yang lebih besar. Teknik pencatutan Feed Line merupakan pencatutan dengan meletakkan potongan konduktor yang dihubungkan langsung ke tepi patch.

III. METODE

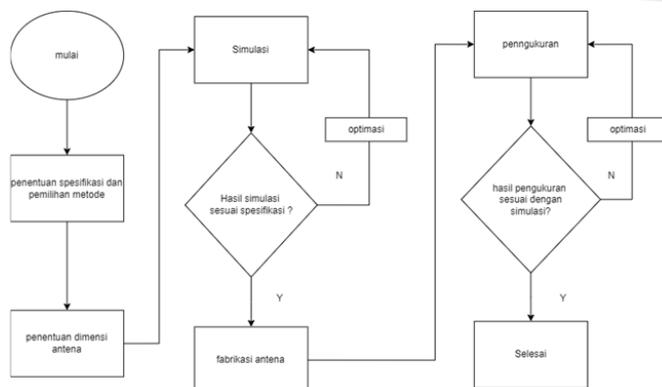
A. Desain Sistem

Antena menjadi peranan penting dalam sistem komunikasi, berfungsi untuk memancarkan gelombang serta bisa juga sebagai penerima. Berdasarkan perangkat pengirim atau penerima yang digunakan menjadi salah satu faktor penting antenna yang akan di gunakan. Pada penelitian ini hanya akan membahas antenna penerima. Berikut adalah desain sistem antenna pada Tugas Akhir ini. Sistem kerja penerima informasi sensor dari alat IOT yang mengirim informasi ke LoRa *receiver*.

Tugas akhir ini berfokus pada perbandingan dua metode berbeda untuk mengetahui pengaruh RCSRR pada antenna yang telah di fabrikasi sehingga mendapatkan hasil yang sesuai untuk tugas akhir ini. Pada metode pertama menggunakan RCSRR dengan *full groundplaen*, pada desain kedua menggunakan DGS dengan rambahan RCSRR, desain antenna awal bisa dilihat pada Gambar berikut.



B. Diagram Alir Penelitian



Untuk menjelaskan tahapan yang dilakukan pada penelitian ini maka dibutuhkan diagram alir agar pelaksanaan penelitian yang dilakukan bisa lebih terstruktur. Dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan beberapa tahap dalam melakukan perencanaan dari awal hingga akhir yang akan dijelaskan pada Gambar 3.2 dibawah ini.

Dimulai dengan menentukan spesifikasi antenna dan metode perancangan antenna yang akan digunakan, setelah metode ditentukan, maka selanjutnya dilakukan penentuan dimensi antenna. Pada bagian Bab II, dalam perancangan ini menggunakan antenna mikrostrip dengan rektangular patch yang bekerja pada frekuensi 922 Mhz. Penelitian ini merancang ini satu buah antenna mikrostrip dimana antenna tersebut sebagai penerima LoRa.

C. Spesifikasi Antena

Pada bagian ini akan dijelaskan spesifikasi antenna yang diperlukan untuk menunjang misi penerima sinyal LoRa pada antenna mikrostrip. Sistem LoRa bekerja pada frekuensi 922 MHz. Pada Tabel 3.1 dapat dilihat spesifikasi antenna mikrostrip yang bekerja pada frekuensi LoRa [8].

Pola radiasi yang diperlukan antenna mikrostrip yaitu omnidirectional karena antenna yang dirancang sebagai penerima. Polarisasi yang digunakan adalah polarisasi linier. Metode yang digunakan untuk miniaturisasi menggunakan rectangular patch, groundplane Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR) dan substrate.

Parameter	Nilai
Frekuensi	922 Mhz
Pola Radiasi	<i>Omnidirectional</i>
Polarisasi	Linier
<i>Bandwidth</i>	125 KHz
VSWR	< 2
<i>Gain</i>	>1 dBi

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, bahan yang digunakan untuk pembuatan groundplane, patch, feedline adalah tembaga/copper yang memiliki ketebalan 0,035 mm. Untuk pembuatan substrat menggunakan bahan dielektrik yaitu FR-4 yang memiliki permitivitas relatif (ϵ_r) = 4,3 dengan ketebalan 1,6 mm

D. Desain Antena

Dalam perancangan antenna bahan yang digunakan yaitu FR-4 dengan konstanta dielektrik (ϵ_r)=4,3 dengan ketebalan 1,6 mm serta menggunakan tembaga dengan ketebalan 0,035 mm sebagai elemen peradiasinya. Sehingga berdasarkan rumus didapatkan hasil sebagai berikut, Setelah semua sudah dihitung dengan persamaan tersebut, berikut rancangan awal pada antenna mikrostrip dengan *Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR)*.

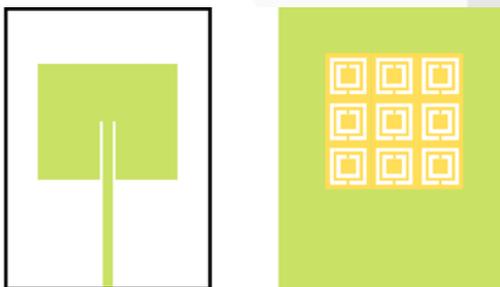
Parameter	Parameter	Dimensi (mm)
Lebar <i>Feed Line</i>	W_f	3,08
Panjang <i>Feed Line</i>	L_f	39
Panjang <i>Patch</i>	W_p	99,93
Lebar <i>Patch</i>	L_p	78,25
Lebar <i>Ground Plane</i>	W_g	109,53
Panjang <i>Ground Plane</i>	L_g	87,85
Tebal substrate	t	1,6
Tebal tembaga	h	0,035

Hasil simulasi pada Tabel 3.2 akan menjadi parameter awal untuk mendapatkan spesifikasi antenna yang diinginkan. Hasil dari desain ini mendapatkan nilai *return loss* sebesar -1,9722 dB, gain sebesar 4,059 dBi yang beroperasi pada frekuensi 922 MHz. Dengan hasil dari perhitungan berikut Belum mendapatkan hasil dari spesifikasi yang diinginkan, maka perlu melakukan optimasi pada bagian antenna agar mendapatkan spesifikasi yang diinginkan, optimasi yang dilakukan pada percobaan ini dengan melebarkan *groundplane* antenna dan melebarkan *feedline*.

E. Metode Pertama

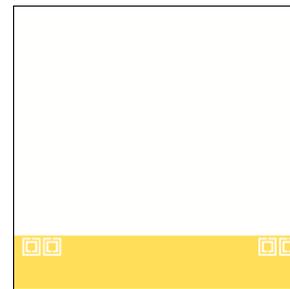
Nama	Parameter	Dimensi (mm)
Lebar <i>Feed Line</i>	W_f	4
Panjang <i>Feed Line</i>	L_f	85,25
Panjang <i>Patch</i>	W	88,94
Lebar <i>Patch</i>	L	69,64
Lebar <i>Ground Plane</i>	W_g	190
Panjang <i>Ground Plane</i>	L_g	190
Tebal Konduktor	t	1.6
Tebal Substrat	h	0.035
Jarak metamaterial	s	2

Pada Tabel 3.3 Dengan semua perubahan berikut hasil akhir, dimana menjadi spesifikasi antenna yang diinginkan dengan frekuensi kerja sebesar 922 MHz dengan *return loss* sebesar -18,26 dB serta nilai VSWR adalah 1,278 dan memiliki bandwidth sebesar 8 MHz juga mendapat gain senilai 1,1 dBi.



Teknik miniaturisasi antenna *Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR)* berhasil membuat dimensi antenna berkurang, Penyesuaian pertama akan mengurangi dimensi *patch* sebesar 20,8% dan pada ukuran *groundplane* menghasilkan pengurangan dimensi antenna sebesar 9,75%.

F. Desain Kedua



Pada penelitian kali ini terlihat bahwa hasil antenna yang disimulasikan menunjukkan hasil yang sangat berbeda dengan pengukuran, oleh karena itu dibuatlah miniaturisasi menggunakan *Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR)* dengan desain yang berbeda dengan melihat bagaimana pengaruh RCSRR pada desain antenna yang di buat.

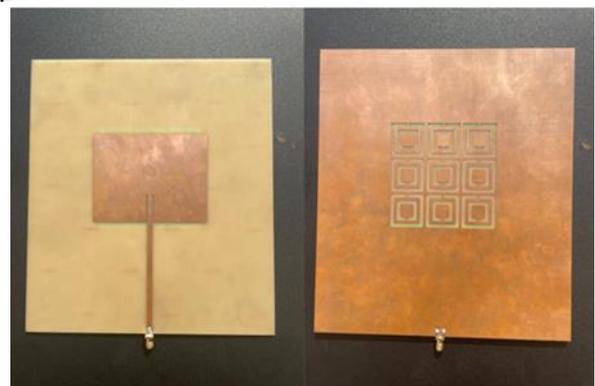
Nama	Parameter	Dimensi (mm)
Lebar <i>Feed Line</i>	W_f	6
Panjang <i>Feed Line</i>	L_f	25,45
Panjang <i>Patch</i>	W	80
Lebar <i>Patch</i>	L	61,72
Lebar <i>Ground Plane</i>	W_g	123,75
Panjang <i>Ground Plane</i>	L_g	130,90
Tebal Konduktor	t	1,6
Tebal Substrat	h	0,035
Jarak metamaterial	s	1

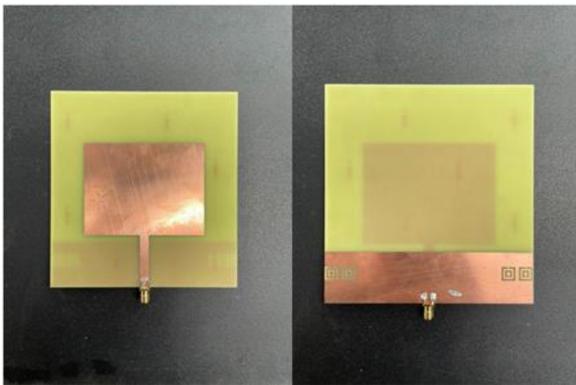
Seperti pada Tabel 3.4 dimana menjadi spesifikasi antenna yang diinginkan dengan frekuensi kerja sebesar 922 MHz dengan *return loss* sebesar -13 dB serta nilai VSWR adalah 15,8 dan memiliki bandwidth sebesar 68 MHz juga mendapat gain senilai 2,02 dBi. Yang dimana pada percobaan kali ini mendapatkan hasil antenna yang lebih optimal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

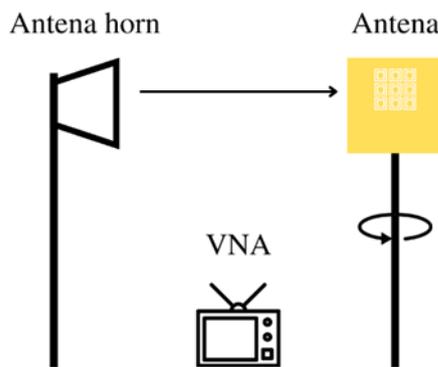
A. Realisasi Antena

Setelah dilakukan beberapa kali percoba pada aplikasi simulasi antenna, maka terpilihlah antenna mikrostrip rectangular *Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR)* dan DGS di antenna kedua yang ditempatkan pada *groundplane* serta menggunakan substrat FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm. Untuk catu daya menggunakan insetfeed dengan panjang 21 mm dan lebar 4 mm.





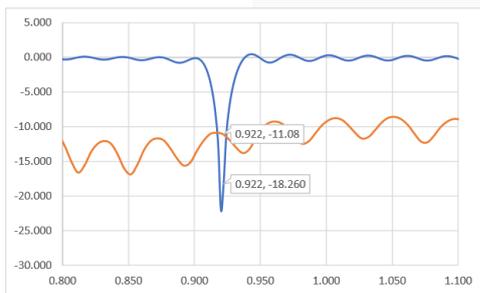
B. Pengukuran



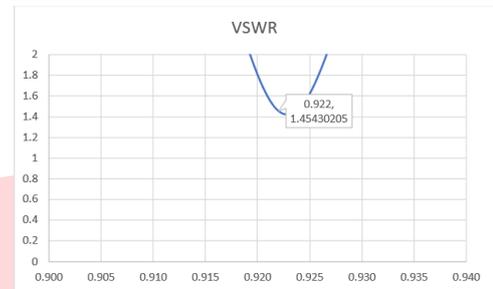
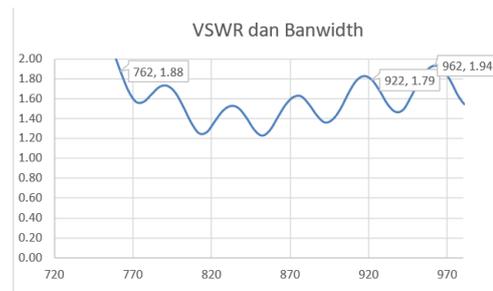
Pengukuran parameter VSWR, Return Loss dan Bandwidth menggunakan alat Vector Network Analyzer (VNA) yang bekerja pada frekuensi 500 KHz – 1,5 GHz yang dilakukan di Laboratorium Antena Universitas Telkom. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan saat pengukuran return loss, VSWR dan bandwidthDelay

C. hasil pengukuran antenna pertama

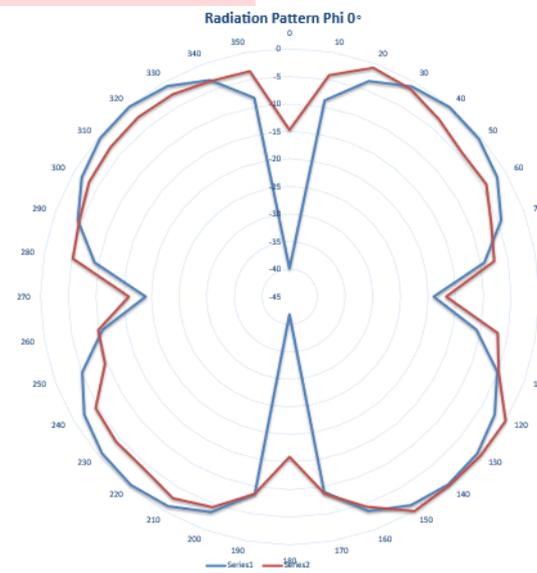
1. Pengukuran Returnloss, VSWR dan bandwidth



Hasil dari returnloss yang ditampilkan pada Gambar 4.3 - 4.4 ini menunjukkan hasil dari simulasi yaitu -18,07 dB untuk hasil pengukuran nilai returnloss adalah -11,08 dB pada frekuensi 922 MHz. hal ini menunjukkan bahwa pada realisasi antenna ini mendapatkan penurunan nilai returnloss sebesar 49.5 %. Untuk nilai VSWR pada Gambar 4.4 hasil pengukuran adalah 1,79 sedangkan pada nilai VSWR pada simulasi ialah 1,28. Pada hasil pengukuran bandwidth untuk simulasi bernilai 8 MHz sedangkan pada hasil pengukuran meningkat sebanyak 25 kali yaitu 200MHz.



2. Hasil pengukuran Pola Radiasi



Penelitian ini dilakukan pengukuran pola radiasi dengan menggunakan medan jauh secara azimuth dengan memutar antenna 360° yang berada di masting antenna. Pada Gambar 4.8 merupakan hasil perbandingan pola radiasi secara azimuth (berada pada sudut 0°) yang bekerja di frekuensi 922 MHz dengan daya terima maksimum berada pada sudut 180°. Untuk Gambar 4.9 merupakan hasil perbandingan pola radiasi secara elevasi (berada pada sudut 90°) dengan daya terima maksimum pada sudut 150° Pada hasil pengukuran pola radiasi pada bidang azimuth diperoleh jenis pola radiasi Bi-directional.

3. hasil Pengukuran Gain.

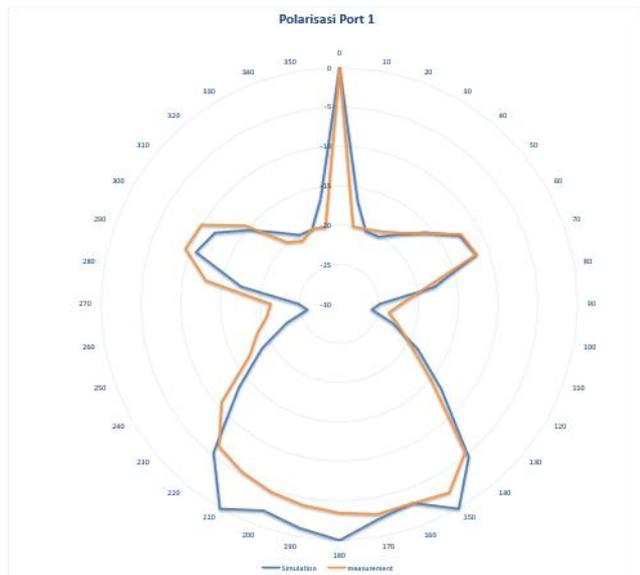
Proses pengukuran gain dilakukan pada bidang azimuth sesuai dengan arah main lobe dan tidak memutar masting antenna. Pengukuran gain dilakukan pengambilan 10 data yang muncul saat pada VNA dengan waktu 10 detik.

Kondisi	Frekuensi	Gain
Simulasi	922 MHz	1,099
Pengukuran	922 MHz	-3,797

Pada Tabel 4.1 merupakan perbandingan hasil gain saat simulasi dan pengukuran. Pada simulasi, gain mendapatkan nilai yaitu 1.099 dB sedangkan pada saat pengukuran mendapatkan -3.797 dB, hal ini sama seperti pada saat perbandingan di returnloss dikarenakan bahan yang berbeda pada saat fabrikasi menyebabkan gain yang kurang maksimal dari antenna pada penelitian ini.

4. Hasil Pengukuran polarisasi

Setelah dilakukan pengukuran, maka dilakukan perbandingan hasil simulasi dan pengukuran. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran, dimana pada saat simulasi hasil dari polarisasi adalah linier, pada saat fabrikasi antenna mendapatkan hasil polarisasi berjenis linier.



5. Perbandingan hasil pengukuran dan simulasi

Perbandingan pada hasil pengukuran bisa dilihat pada Tabel 4.2, perbedaan dari hasil pengukuran dapat dipengaruhi saat fabrikasi antenna menyebabkan pergeseran parameter antenna.

parameter	Hasil pengukuran	Hasil simulasi
Frekuensi	922 MHz	922 MHz
Return loss	-11,08 dB	-18,26 dB
Bandwidth	200 MHz	8 MHz
VSWR	1,79	1,278
Gain	-3,797	1,099

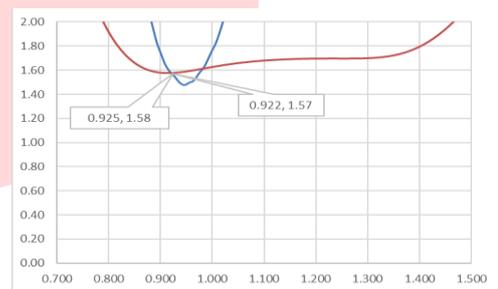
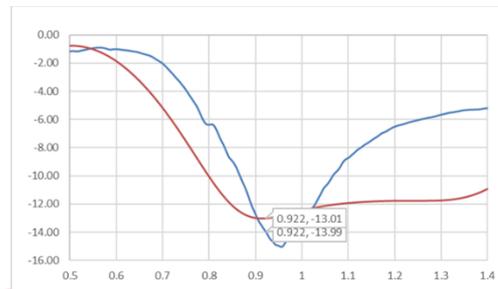
D. Hasil pengukuran antenna kedua

Pada bab ini membahas analisis hasil simulasi yang didapatkan dari hasil pengukuran parameter antenna mikrostrip patch rectangular Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR) dan menambahkan DGS yang telah di fabrikasi. Pengukuran dilakukan untuk melihat perbandingan hasil simulasi dan pengukuran pada antenna dengan metamaterial. Adapun parameter antenna yang dianalisis pada bab ini adalah Return Loss, VSWR, gain, pola radiasi, dan polarisasi.

1. Pengukuran Returnloss, VSWR dan bandwidth

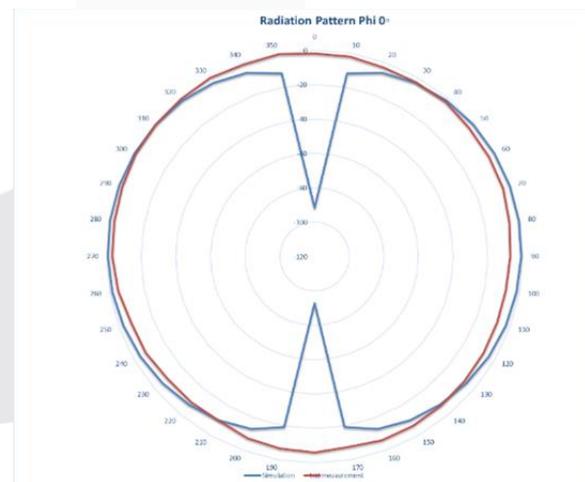
Hasil dari returnloss yang ditampilkan pada Gambar 4.9 ini menunjukkan hasil dari simulasi yaitu -13 dB untuk hasil pengukuran nilai returnloss adalah -13.99 dB pada frekuensi

922 MHz. hal ini menunjukkan bahwa pada realisasi antenna ini mendapatkan kenaikan nilai returnloss sebesar 0.99 dB Untuk nilai VSWR mendapatkan hasil pengukuran sebesar 1.57 sedangkan pada nilai VSWR pada simulasi ialah 1.58. Pada hasil pengukuran bandwidth untuk simulasi bernilai 68 MHz sedangkan pada hasil pengukuran 13 MHz.



2. Pengukuran polaradiasi

Penelitian ini dilakukan pengukuran pola radiasi dengan menggunakan medan jauh secara azimuth dengan memutar antenna yang berada di masting antenna. Pada Gambar 4.12 merupakan hasil perbandingan pola radiasi secara azimuth (berada pada sudut 0°) yang bekerja di frekuensi 922 MHz dengan daya terima maksimum berada pada sudut 330°. Dan pada pola radiasi ini berjenis omnidirectional.



3. Pengukuran Gain

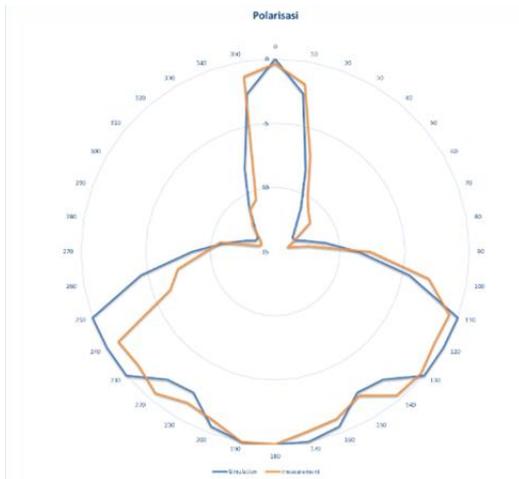
Kondisi	Frekuensi	Gain
Simulasi	922 MHz	2.025
Pengukuran	922 MHz	1.929

Pada Tabel 4.2 merupakan perbandingan hasil gain saat simulasi dan pengukuran. Pada simulasi gain mendapatkan nilai yaitu 2,025 dBi sedangkan pada saat pengukuran mendapatkan 1,929 dBi, hal ini mendapatkan hasil yang lebih

baik dibandingkan pada desain pertama, antenna ini menjadi jawaban atas perancangan desain antenna dengan RCSRR.

4. Pengukuran polaradiasi

Setelah dilakukan pengukuran, maka dilakukan perbandingan hasil simulasi dan pengukuran. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran, dimana pada saat simulasi hasil dari polarisasi adalah linier (nilai main lobe adalah 40), pada saat fabrikasi antenna mendapatkan hasil polarisasi berjenis linier.



E. Perbandingan Pada kedua antenna

parameter	Desain pertama	Desain kedua
Frekuensi	922MHz	922 MHz
Return loss	-11,08	-13,99 dB
Banwidth	200 MHz	13 MHz
VSWR	1,79	1,57
Gain	-3,797 dBi	1,1929 dBi
Pola radiasi	Bi directional	Omnidirectional
Polarisasi	Linier	Linier

Setelah mendapatkan hasil pada kedua antenna, maka dilakukan perbandingan dan analisis terhadap dua antenna tersebut, bisa di lihat pada Tabel 4.3 bahwa antenna dengan desain kedua memiliki ukuran yang lebih kecil dari yang pertama, hal ini menunjukkan dengan menggunakan DGS dan RCSRR dapat meminiaturisasi antenna. Pada Tabel 4.3 bisa dilihat perbandingan antara pada desain pertama dan desain kedua, terlihat pada antenna pertama memiliki dimensi yang lebih besar dari antenna kedua, serta memiliki gain yang cukup baik.

Pada tabel 4.4 dijelaskan bahwa frekuensi yang digunakan pada kedua desain ini sebesar 922 MHz dengan returnloss sebesar -11,08 MHz pada desain pertama dan pada desain kedua memiliki nilai returnloss yang lebih baik sebesar -13,99 MHz. dengan hasil ini dikatakan bahwa nilai parameter sudah sesuai dengan standar frekuensi LoRa yang digunakan di Indonesia. Untuk parameter bandwidth didapatkan untuk desain pertama sebesar 200 Mhz, nilai bandwidth dari desain pertama dikatakan melebihi standar yang dihasilkan antenna mikrostrip dengan frekuensi 922 MHz. dan pada desain kedua sebesar 13 MHz, nilai dari desain kedua sudah sesuai dengan standar bandwidth LoRa yang digunakan.

Berdasarkan pengukuran, didapatkan nilai gain pada desain pertama sebesar -3,797 dBi dan pada desain kedua sebesar 1,929 dBi, hal ini sudah mendekati standar yang digunakan pada tugas akhir ini. Dan Untuk jenis pola radiasi dan polarisasi yang didapatkan setelah melakukan pengukuran pada antenna sudah sesuai dengan yang diharapkan. Pada perbandingan di atas dapat disimpulkan antenna pertama mendapatkan kesalahan pada saat simulasi sehingga hasil dari returnloss mendapatkan nilai yang positif serta efektifitas antenna yang kecil dan sangat sulit antenna dapat di gunakan. Maka dari itu dibuatlah antenna dengan desain kedua dengan menambahkan metode DGS, dengan memotong $\frac{3}{4}$ bagian pada groundplane dan menambahkan RCSRR pada groundplane.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian tugas akhir ini telah melakukan simulasi dan realisasi antenna, dimana didapatkan beberapa hasil yang bisa disimpulkan seperti:

1. Teknik miniaturisasi antenna Rectangular Complementary Split-Ring Resonator (RCSRR) berhasil membuat dimensi antenna berkurang, Penyesuaian pertama akan mengurangi dimensi patch sebesar 20,8% dan pada ukuran groundplane menghasilkan pengurangan dimensi antenna sebesar 9,75% pada antenna pertama. Tetapi mengakibatkan performansi antenna menurun, sehingga gain yang didapatkan bernilai kecil.
2. Hasil dari simulasi pada penelitian ini menunjukkan setiap 1 buah metamaterial akan mempengaruhi pergerakan frekuensi yang ada pada antenna.
3. bandwidth mendapatkan kenaikan yang signifikan sebesar 25 kali lipat dari simulasi 8 MHz menjadi 200 Mhz pada saat pengukuran antenna yang telah di fabrikasi, namun mengalami penurunan returnloss sebesar 49,5% dan nilai VSWR mendapatkan penurunan 71,5%.
4. Hasil pada aplikasi simulasi dan pengukuran pada desain pertama mendapatkan nilai yang berbeda, pada aplikasi simulasi antenna yang di desain mendapatkan nilai returnloss sebesar -18,26 dB dengan VSWR 1,28, Sedangkan pada pengukuran diperoleh hasil yang kurang maksimal dengan nilai returnloss -11,08 dB dengan VSWR berniali 1,79 pada frekuensi 922 MHz. dengan polarisasi linier dan polaradiasi adalah Bi-directional.
5. Pada desain antenna kedua hasil dari simulasi dan pengukuran antenna mendapatkan hasil yang sesuai, dimana mendapatkan nilai returnloss -13,99 dB untuk hasil pengukuran dan VSWR dengan nilai 1,57 serta mendapatkan nilai gain sebesar 1,929 dBi.
6. Ketersediaan alat ukur antenna dan saat memasang port pada antenna juga menyebabkan hasil pengukuran kurang optimal karena ketidaktersediannya alat untuk kalibrasi ulang untuk kabel yang akan digunakan.

REFERENSI

- [1.] E. Murdyantoro, I. Rosyadi, and H. Septian, "Studi Performansi Jarak Jangkauan Lora-Drigino Sebagai Infrastruktur Konektifitas Nirkabel Pada WP-LAN," Din. Rekayasa, vol. 15, no. 1, p. 47, 2019, doi: 10.20884/1. dr. 2019.15.1.239.

- [2.] Mariani, Dina, and Yanuar Mahfudz Safarudin. "Rancang Bangun Antena Mikrostrip dengan Metamaterial CSRR untuk Penerima TV Digital." *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan* 7.1 (2018): 7-12.
- [3.] P. Angelia, L. Olivia Nur, and B. Setia Nugroho, "Antena Mikrostrip Wearable Dengan Defected Ground Structure Untuk Deteksi Kanker Payudara," pp. 0–6, 2020.
- [4.] Z. Mankusa, "DESAIN DAN REASLISAI ANTENA MIKROSTRIP PATCH SIRKULAR PITA LEBAR UNTUK PENERIMAAN BERBASIS LORA DAN ADSB PADA SATELIT KUBUS 2U", Bandung: Universitas Telkom, 2021.
- [5.] 27th Meeting of APT Wireless Group 22 – 30 March 2021, Virtual/Online Meeting, "APT REPORT ON
- LOW POWER WIDE AREA NETWORK (LPWAN) FOR THE INTERNET OF THINGS BASED ON NON-CELLULAR TECHNOLOGIES" April 2021
- [6.] C. A. Balanis, "Rectangular Patch," in *Antenna theory: analysis and design*, John wiley & sons, 2016, pp. 788–815.
- [7.] J. Dave (2021), The invisible web. Online at <https://dedesignworks.com/daves-desk/why-lora/>. accessed 6 aug 2022.
- [8.] Balanis, Constatine A. 2005. *Antenna Theory: Analysis and Design*, Third Edition, New Jersey: A John Wiley & sons, Inc.,Publication