

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP *PATCH BOWTIE* DENGAN PENCATUAN *PROXIMITY COUPLED* UNTUK APLIKASI LORA PADA FREKUENSI 920-923 MHZ

¹Rizqi Ramadhan Rachmatullah, ²Sotyohadi, ST., MT., ³Michael Ardita, ST., MT.

Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

¹ramadhanriz21@gmail.com, ²sotyohadi@lecturer.itn.ac.id, ³michael.ardita@lecturer.itn.ac.id

Abstrak - LoRa merupakan perangkat teknologi komunikasi nirkabel yang saat ini digunakan untuk mendukung berbagai komunikasi jaringan salah satunya seperti IoT. Teknologi LoRa dapat diintegrasikan dengan berbagai perangkat jaringan. Dengan kebutuhan antena LoRa yang *low profile*, antena mikrostrip dapat diunggulkan untuk LoRa dikarenakan kelebihanannya yang kompak dan mudah difabrikasi. Dengan mengacu peraturan pemerintah terkait frekuensi kerja LPWA LoRa, maka pada penelitian ini dilakukan perancangan antena mikrostrip patch bowtie yang bekerja pada frekuensi 920-923 MHz yang menggunakan teknik pencatuan *proximity coupled*. Antena mikrostrip menggunakan substrat dielektrik berjenis FR4 Epoxy fiberglass dengan nilai permitivitas 4,4, dimensi antena didapatkan melalui perhitungan rumus. Hasil realisasi antena mikrostrip mendapatkan nilai frekuensi kerja 921,5 MHz dengan nilai *return loss* = -62,57 dB, *VSWR* = 1,001, *gain* = 3,371 dBi.

Kata Kunci : Mikrostrip, Bowtie, Proximity Coupled, LoRa, CST Studio Suite

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Antena yaitu suatu piranti yang bisa menghubungkan saluran transmisi dengan gelombang ruang bebas. Dalam sistem komunikasi, antena berperan sebagai media penerima dan pemancar gelombang elektromagnetik [1]. Antena difungsikan untuk menerima dan mengirim sinyal informasi secara *wireless* sehingga dapat berkomunikasi jarak jauh. Saat ini perkembangan jaringan komunikasi membutuhkan piranti atau perangkat antena yang memiliki karakteristik *low profile*, bobotnya ringan, harga produksi yang murah dan dapat memberikan kinerja yang baik dengan spektrum frekuensi yang cukup luas [2]. Antena yang cocok dengan spesifikasi tersebut salah satunya adalah antena mikrostrip, tidak hanya bentuknya yang kecil, antena mikrostrip mempunyai bermacam keunggulan seperti fabrikasi antena yang mudah, desain antena yang kompak serta biaya perancangan yang murah [3].

LoRa (*Long Range*) merupakan perangkat teknologi komunikasi nirkabel yang dikembangkan dan dipatenkan oleh Semtech. LoRa memiliki konsumsi daya yang rendah, jangkauan yang jauh, kecepatan data yang rendah, dan transmisi data yang aman. Teknologi LoRa dapat diintegrasikan dengan berbagai perangkat jaringan. Ada berbagai jenis antena yang digunakan perangkat LoRa, salah satunya antena yang digunakan perangkat LoRa TTGO-T-Beam menggunakan antena berjenis *monopole* dengan merek Ebyte TX915-JK-11. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Muhammad Fuad, 2021), dihasilkan kinerja antena *monopole* Ebyte TX915-JK-11 dengan pengukuran *bandwidth* sebesar 46,4 MHz, *VSWR* 1,55 dan *return loss* sebesar -13,091 dB. Antena mikrostrip merupakan salah satu antena yang dapat diaplikasikan untuk sistem komunikasi *Long Range* (LoRa). Antena mikrostrip dapat menjadi solusi untuk membuat kinerja dari sistem LoRa menjadi lebih baik, dikarenakan pada LoRa juga dibutuhkan karakteristik antena *low profile*. Antena mikrostrip diunggulkan untuk LoRa dikarenakan kelebihanannya seperti memiliki bentuk kecil, tipis, bobot ringan, mudah dalam proses fabrikasi dan dapat diintegrasikan dengan berbagai perangkat elektronika lain [5]. Maka dari itu pada penelitian ini penulis merancang antena mikrostrip untuk perangkat LoRa. Dengan kebutuhan *bandwidth* LoRa sekitar 125-500 kHz, antena mikrostrip diharapkan bisa menjadi solusi untuk membuat kinerja dari sistem menjadi lebih baik dan menghasilkan nilai parameter antena melebihi antena bawaan pada perangkat LoRa.

Namun terdapat beberapa kelemahan pada antena mikrostrip, diantaranya sempitnya *bandwidth*, efisiensi dan *gain* yang rendah [1]. Dengan keterbatasan *bandwidth* antena mikrostrip, dilakukan perancangan antena mikrostrip menggunakan *patch bowtie* atau antena yang berbentuk dasi kupu-kupu dengan pencatuan *proximity coupled* yang akan digunakan sebagai antena LoRa. Antena dengan elemen peradiasi *bowtie* sendiri merupakan sebuah pengembangan antena mikrostrip *patch* segitiga yang mampu

memberikan frekuensi kerja yang sama dikedua polarisasinya. Antena mikrostrip dengan *patch bowtie* biasanya memiliki karakteristik pola radiasi *directional* [6]. *Proximity coupled* merupakan salah satu teknik pencatutan yang memiliki radiasi tambahan yang kecil dan *bandwidth* yang dapat diperlebar [3]. Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan teknik pencatutan *proximity coupling* pada rancangan antena mikrostrip dengan elemen peradiasi bentuk segitiga 2 *array* mendapatkan peningkatan *bandwidth* WLAN 2,4 MHz [7]. Penelitian selanjutnya rancang bangun antena mikrostrip dengan *proximity coupling* sebagai teknik pencatutan dan elemen peradiasi segiempat *array* menghasilkan peningkatan yang cukup signifikan pada *bandwidth* dan *gain* untuk WLAN 2,4 MHz [8]. Penelitian lainnyadengan rancang bangun antena mikrostrip menggunakan elemen peradiasi *bowtie* dengan frekuensi S-Band menghasilkan peningkatan *gain* dan *beamwidth* yang dihasilkan sempit [9]. Selanjutnya pada penelitian perancangan dan realisasi antena *bowtie* antipodal 1,6 GHz untuk *Ground Penetrating Radar* (GPR) didapatkan peningkatan nilai parameter *bandwidth* sebesar 540 MHz dan *return loss* 540 dB [10].

Saat ini, regulasi terkait LPWA LoRa Indonesia ditetapkan pada frekuensi 920-923 MHz, sesuai dengan PM Kominfo No.1 2019 dan PERDIRJEN SDPPI No 3 Tahun 2019. Berdasarkan hasil sebuah penelitian yang terdahulu maka diajukan penelitian dengan judul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch Bowtie* Dengan Pencatutan *Proximity Coupled* Untuk Aplikasi LoRa Pada Frekuensi 920–923 MHz”. Diharapkan antena mikrostrip *patch bowtie* memiliki kinerja yang baik dibandingkan antena bawaan perangkat LoRa dengan nilai VSWR antara 1 sampai 2, *return loss* memiliki nilai kurang dari -10 dB, *bandwidth* lebih dari 10 MHz dan *gain* lebih dari 2 dBi. Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai antena mikrostrip yang menggunakan teknik pencatutan *proximity coupled*, maka pada penelitian ini menggunakan teknik tersebut untuk mengoptimalkan kinerja dari antena mikrostrip *patch bowtie*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang dan mensimulasikan antena mikrostrip sesuai dengan spesifikasi yang di inginkan menggunakan perangkat lunak CST *Studio Suite 2020* sehingga diperoleh hasil yang optimal?
2. Bagaimana mengukur parameter antena mikrostrip?
3. Bagaimana kinerja dari antena mikrostrip *patch bowtie* jika dibandingkan dengan antena referensi

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian pada skripsi ini yaitu :

1. Membuat antena mikrostrip *patch bowtie* untuk LoRa yang dapat bekerja pada frekuensi 920-923 MHz dengan pencatutan *proximity coupled*.
2. Mengoptimalkan kinerja dari perangkat LoRa dengan antena mikrostrip.

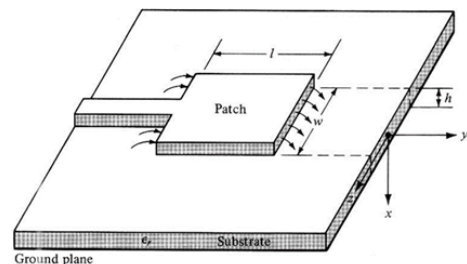
II. LANDASAN TEORI

A. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan sebuah antena yang memiliki berbagai keuntungan dan keunggulan jika dibandingkan dengan antena yang lain, diantaranya bobotnya yang ringan, *volume* antena yang kecil, kemudahan fabrikasi dalam jumlah yang besar karena menggunakan teknologi *printed-circuit*, dan biaya yang lebih murah [11].

Lapisan tengah antara *groundplane* dan *patch* disebut dengan substrat dielektrik. Konstanta dielektrik pada setiap substrat bervariasi diantara $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ dengan ketebalan substrat diantara $0,003\lambda_0 \leq h \leq 0,05\lambda_0$. Pemilihan substrat dapat berpengaruh pada kinerja dari sebuah antena, semakin tebal substrat mengakibatkan nilai konstanta dielektrik semakin kecil yang dapat berpengaruh pada nilai *bandwidth* dan dimensi antena yang semakin lebar dan besar begitupun sebaliknya [1].

Groundplane merupakan bagian metalik pada sisi belakang substrat dielektrik. *Groundplane* dapat memantulkan sinyal yang tidak diharapkan atau berfungsi menjadi *reflector*. *Patch* merupakan elemen peradiasi pada antena mikrostrip. Berupa lembaran metal yang berada di atas substrat dielektrik. Adapun beberapa bentuk *patch* antena, mikrostrip dapat dilihat dalam gambar berikut :

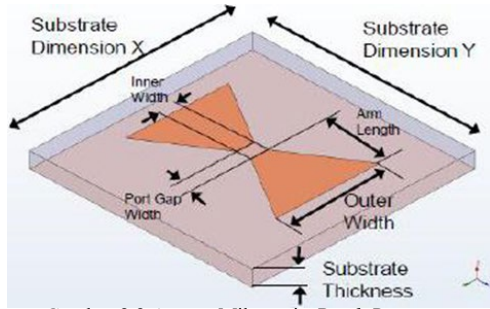


Gambar 2.1 Antena Mikrostrip

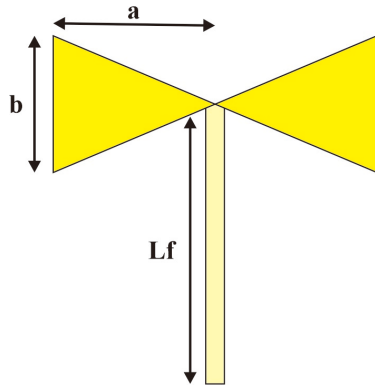
B. Antena Mikrostrip *Patch Bowtie*

Antena mikrostrip yang memiliki bentuk elemen peradiasi *bowtie* merupakan sebuah pengembangan dari antena mikrostrip yang mempunyai desain/bentuk segitiga. Antena mikrostrip dengan *patch bowtie* memiliki dimensi ukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan antena *bowtie* yang berbentuk kawat. Dengan bentuk radiator yang besar pada *patch bowtie* sehingga memiliki kelebihan *beamwidth* yang lebar. Antena

mikrostrip *patch bowtie* pada kedua polarisasinya mampu menghasilkan frekuensi kerja yang sama [9].



Gambar 2.2 Antena Mikrostrip Patch Bowtie



Gambar 2.3 Desain Patch Bowtie

C. Perancangan Dimensi Antena

Dalam mencari dimensi antena mikrostrip *patch bowtie* terdapat hal penting yang harus diketahui seperti ketebalan dielektrik substrat (h) dan konstanta dielektrik (ϵ_r). Berikut persamaan untuk mencari dimensi antena mikrostrip. Menurut [1], untuk mencari panjang b digunakan persamaan :

$$s = \frac{2c}{3f \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

Dimana :

- s = Sisi segitiga / lebar segitiga
- c = Kecepatan cahaya di ruang bebas
- f = Frekuensi kerja
- ϵ_r = Konstanta dielektrik

Selanjutnya mencari nilai lebar dan panjang *patch* pada posisi panjang gelombang 90° dengan menggunakan nilai s :

$$\frac{1}{4} \times W_{sgt}$$

$$\frac{1}{4} \times L_{sgt}$$

Dimana :

- W_{sgt} = Lebar sisi segitiga (*patch*)
- L_{sgt} = Panjang sisi segitiga (*patch*)

Kemudian lebar dan panjang saluran transmisi dengan $Z_0 = 50$ Ohm didapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$B = \frac{60 \times \pi^2}{Z_0 \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

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

Setelah mendapatkan nilai W_{lst} , maka dihitung nilai dari ϵ_{eff} menggunakan rumus dibawah ini :

$\frac{W_{lst}}{h} > 1$, Maka :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \times \frac{h}{W_{lst}}}} \right]$$

$\frac{W_{lst}}{h} < 1$, Maka :

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \times \frac{h}{W_{lst}}}} + 0,04 \times \left(1 - \frac{W_{lst}}{h} \right)^2$$

Setelah mendapatkan nilai dari ϵ_{eff} , maka dicari lamda bahan yang memiliki ϵ_{eff} pada suatu material

$$\lambda d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}}$$

Nilai λd digunakan untuk mendapatkan nilai dari panjang saluran transmisi pada posisi panjang gelombang 90°

$$\frac{1}{4} \times \lambda d$$

Dimana :

- Z_0 = Impedansi karakteristik (50 Ohm)
- ϵ_r = Konstanta dielektrik substrat
- W_{lst} = Lebar saluran transmisi
- h = Ketebalan substrat dielektrik
- ϵ_{eff} = Konstanta dielektrik substrat efektif
- λd = Lamda bahan pada suatu material
- λ_0 = Panjang gelombang di ruang bebas ($\frac{c}{f}$)

Menentukan ukuran *groundplane* [12]

Lebar *groundplane* :

$$Wg = 6h + W_{sgt}$$

Panjang *groundplane* :

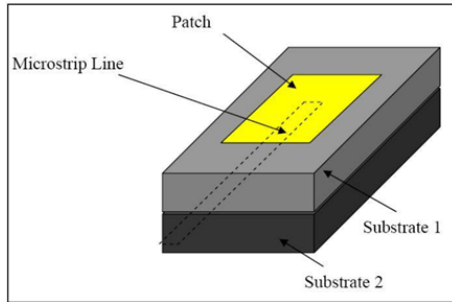
$$Lg = 6h + L_{sgt}$$

Dimana :

- h = Ketebalan substrat dielektrik
- Wg = Lebar *groundplane*
- W_{sgt} = Lebar sisi segitiga (*patch*)
- Lg = Tinggi *groundplane*
- L_{sgt} = Tinggi sisi segitiga (*patch*)

D. Teknik Pencatuan *Proximity Coupled Feeding*

Terdapat 2 layer substrat dielektrik pada teknik pencatuan *proximity coupled feeding*. Pada bagian atas substrat pertama posisi *patch* diletakkan, di atas layer kedua substrat terdapat *feeding*. Pencatuan yang digunakan berjenis pencatuan tidak langsung dimana pencatuan dikopel secara elektromagnetis dengan *feeding* dan dibatasi dengan substrat dielektrik. Dengan pencatuan ini dapat memperluas *bandwidth* dan mengurangi radiasi yang tidak diperlukan, namun pencatuan ini memiliki kelemahan yaitu pada desain antenna dibagian bawah dan atas layer harus tepat dalam memposisikan supaya energi ter *coupling* dengan baik [13].

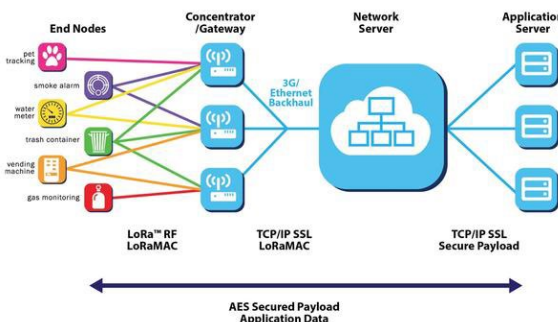


Gambar 2.4 Teknik *Proximity Coupled Feeding*

E. LoRa (*Long Range*)

Long Range (LoRa) merupakan sebuah teknologi komunikasi yang dikembangkan dan dipatenkan oleh Semtech. LoRa menggunakan modulasi berjenis *Chirp Spread Spectrum* (CSS) yang biasanya digunakan untuk komunikasi keamanan pada militer. LoRa memiliki jangkauan yang jauh, transmisi data yang aman, konsumsi dan kecepatan daya yang rendah. LoRa dapat beroperasi pada jaringan *private*, *public* atau *hybrid* dan diintegrasikan dan diaplikasikan dengan berbagai jaringan seperti *Internet of Things* (IoT). LoRa dapat membantu berbagai bidang di antaranya : bidang kesehatan, industri, pertanian, *smarthome* [14].

Metode transmisi pada LoRa menggunakan modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*), PSK (*Phase Shift Keying*) dan lainnya. Terdapat perbedaan nilai frekuensi kerja LoRa, di Asia menggunakan frekuensi kerja 433 MHz, Eropa menggunakan frekuensi kerja 868 MHz, Amerika Utara menggunakan 915 MHz [14].

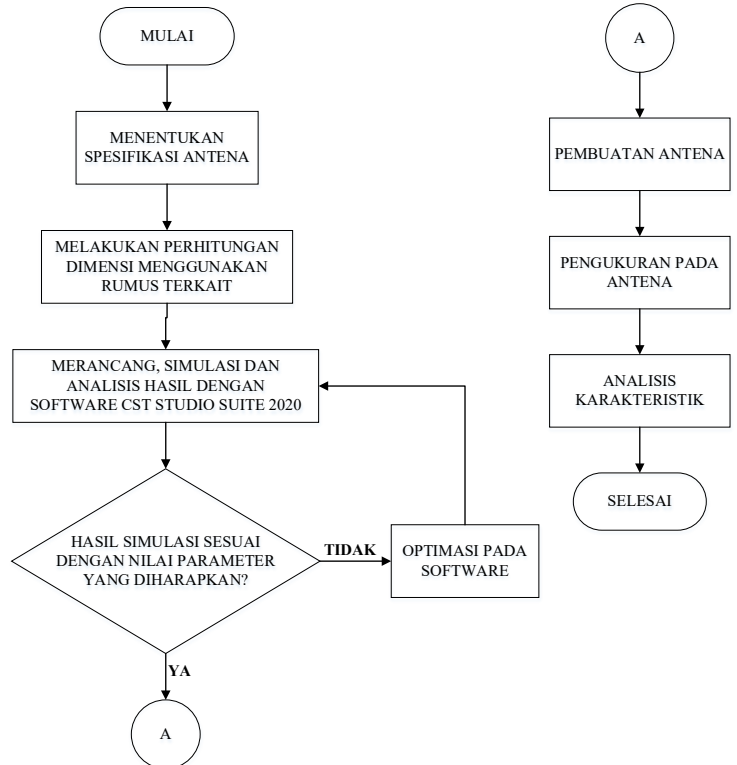


Gambar 2.5 Contoh Diagram Jaringan LoRa

III. PERANCANGAN DAN SIMULASI ANTENA

A. Diagram Alir Perancangan Antena

Pada perancangan ini menggunakan beberapa tahapan dan metodologi penelitian dalam proses pembuatan antenna mikrostrip *patch bowtie* yang bekerja pada frekuensi 920-923 MHz. Berikut tampilan diagram alir penelitian :



Gambar 3.1 Teknik *Proximity Coupled Feeding*

Pada perancangan antenna mikrostrip *patch bowtie* dilakukan dengan beberapa tahapan, berikut penjelasan dari diagram alir :

- a. Menentukan Spesifikasi Antena
Tahap pertama yaitu penentuan spesifikasi antenna mikrostrip yang akan dirancang. Untuk spesifikasi terdiri dari frekuensi kerja, VSWR, *return loss*, *bandwidth* dan *gain*.
- b. Menentukan Dimensi Antena Mikrostrip
Tahap kedua yaitu melakukan perhitungan dimensi antenna mikrostrip. Dimensi yang akan dihitung terdiri dari lebar dan panjang *patch*, *feedline* dan *groundplane*.

c. Merancang dan Simulasi Antena Dengan *Software CST Studio Suite 2020*

Setelah dimensi antena mikrostrip diketahui melalui hasil perhitungan, tahap keempat yaitu melakukan perancangan dan proses simulasi menggunakan *software CST Studio Suite 2020*. Kemudian melakukan analisis hasil dari simulasi tersebut. Tujuan dilakukannya simulasi adalah untuk mengetahui hasil parameter yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Apabila belum mencapai spesifikasi yang diharapkan, dilakukan tahap optimasi pada perancangan menggunakan *software CST Studio Suite 2020* hingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi.

d. Optimasi Dimensi Antena

Optimasi dilakukan dengan mengubah-ubah dimensi antena sampai didapatkan kesesuaian nilai parameter antena mikrostrip dengan yang telah ditentukan.

e. Pembuatan Antena

Tahap kelima yaitu melakukan pembuatan antena mikrostrip setelah didapatkan nilai parameter simulasi antena yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan/diharapkan.

f. Pengukuran Antena

Tahap keenam yaitu melakukan proses pengukuran antena mikrostrip yang sudah difabrikasi. Pengukuran dilakukan untuk melihat nilai parameter kerja (*real*) dari antena mikrostrip.

g. Analisis Karakteristik

Tahap ketujuh yaitu melakukan analisis dari hasil pengukuran antena mikrostrip. Analisis pengukuran antena mikrostrip dilakukan untuk melihat parameter kerja yang diharapkan apakah telah sesuai atau mendekati dengan spesifikasi antena.

B. Spesifikasi dan Dimensi Antena Mikrostrip

Dalam penelitian ini antena yang dirancang dan didesain ialah antena mikrostrip dengan *patch* berjenis *bowtie* atau dasi kupu-kupu yang mampu bekerja pada frekuensi 920-923 MHz. Berikut merupakan spesifikasi dari antena mikrostrip yang diharapkan :

Tabel 3.1 Spesifikasi Rancangan Antena Mikrostrip

Frekuensi Kerja	920-923 MHz
VSWR	≤ 2
Return Loss	≤ -10 dB
Bandwidth	≥ 50 MHz
Gain	≥ 2 dBi

Berikut merupakan bahan/material yang digunakan dalam proses perancangan, simulasi dan pembuatan antena mikrostrip *patch bowtie* :

Tabel 3.2 Spesifikasi Substrat FR4 Epoxy *Fiberglass*

Jenis Substrat	FR4 Epoxy <i>fiberglass</i>
Konstanta Dielektrik (ϵ_r)	4,4
Loss Tangen ($\tan \delta$)	0,02
Ketebalan Dielektrik (h)	1,6 mm
Ketebalan Tembaga (t)	0,035 mm

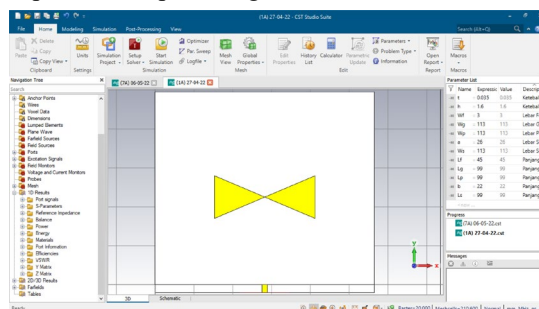
Nilai dimensi antena mikrostrip *patch bowtie* didapatkan berdasarkan perhitungan rumus-rumus, berikut merupakan nilai dimensi antena :

Tabel 3.3 Dimensi Antena Sebelum Dioptimasi

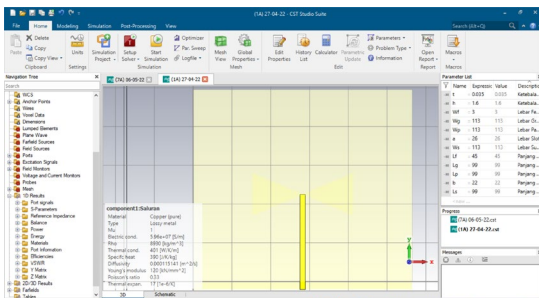
Dimensi	Ukuran (mm)
Ketebalan Bahan Konduktor (t)	0,035
Ketebalan Substrat (h)	1,6
Lebar Sisi <i>Bowtie</i> (a)	26
Panjang Sisi <i>Bowtie</i> (b)	22
Lebar <i>Feedline</i> (Wf)	3
Lebar <i>Groundplane</i> (Wg)	113
Lebar Substrat (Ws)	113
Lebar <i>Patch</i> (Wp)	113
Panjang <i>Feedline</i> (Lf)	45
Panjang <i>Groundplane</i> (Lg)	103
Panjang Substrat (Ls)	99
Panjang <i>Patch</i> (Lp)	99

C. Simulasi Antena Mikrostrip

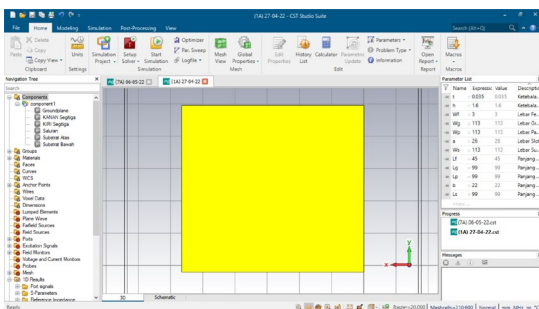
Setelah menentukan spesifikasi, karakteristik, parameter kerja dan perhitungan dimensi dari antena mikrostrip *patch bowtie*, langkah selanjutnya rancangan antena disimulasikan berdasarkan nilai dimensi antena mikrostrip menggunakan *software CST Studio Suite 2020*. Didapatkan nilai parameter kerja simulasi antena seperti *VSWR*, *return loss*, *bandwidth*, pola radiasi dan nilai impedansi antena mikrostrip. Berikut hasil simulasi antena berdasarkan nilai dimensi antena yang didapatkan dari perhitungan rumus-rumus :



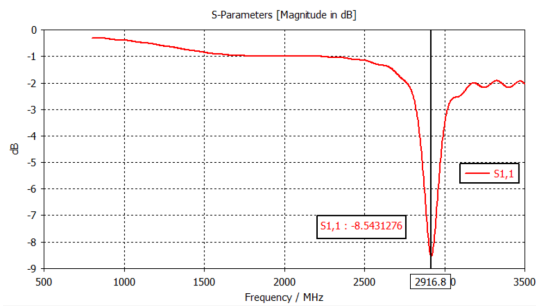
Gambar 3.2 Desain *Patch Bowtie* Dengan *CST Studio Suite 2020*



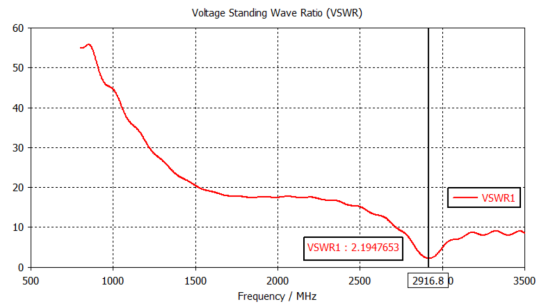
Gambar 3.3 Desain *Feedline* Dengan *CST Studio Suite 2020*



Gambar 3.4 Desain *Groundplane* Dengan *CST Studio Suite 2020*



Gambar 3.5 Frekuensi Kerja dan Return Loss Hasil Simulasi



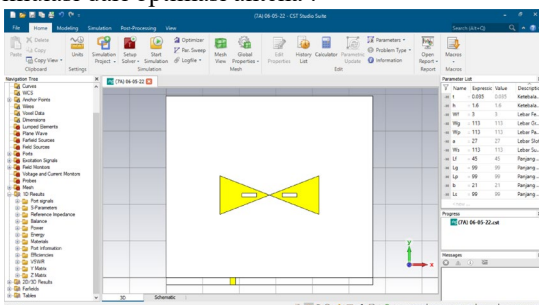
Gambar 3.6 VSWR Hasil Simulasi

Pada gambar 3.5 dan 3.6 dapat terlihat nilai parameter kerja simulasi antenna mikrostrip *patch bowtie*, pada nilai frekuensi kerja didapatkan nilai 2916,8 MHz dan nilai VSWR 2,1947653. Nilai tersebut tidak sesuai dengan nilai parameter kerja antenna yang diharapkan, maka dari itu perlunya dilakukan optimasi agar dapat mendapatkan nilai parameter kerja antenna yang sesuai dengan spesifikasi antenna yang diharapkan.

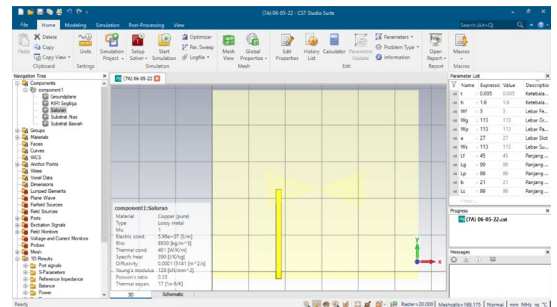
D. Optimasi Simulasi Antena Mikrostrip

Pada simulasi sebelumnya, simulasi dilakukan berdasarkan nilai dimensi antenna dari perhitungan matematis berdasarkan rumus-rumus. Terdapat ketidaksesuaian nilai parameter kerja hasil simulasi antenna dengan spesifikasi antenna mikrostrip. Perlunya dilakukan optimasi pada dimensi antenna agar mencapai nilai parameter kerja sesuai dengan yang diharapkan.

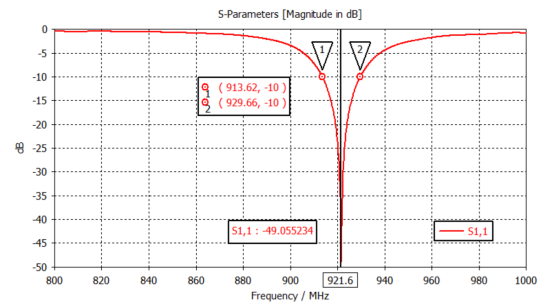
Pada penelitian ini, optimasi dilakukan dengan mengubah nilai sisi segitiga, pemberian slot dan menggeser posisi *feedline* sampai hasil parameter kerja simulasi antenna mendekati dan sesuai dengan spesifikasi antenna yang diharapkan. Berikut hasil simulasi dari optimasi antenna :



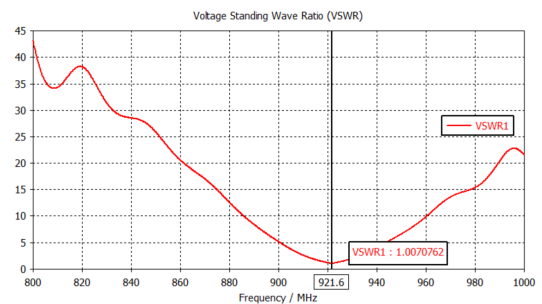
Gambar 3.7 Desain Optimasi Patch Bowtie Dengan CST Studio Suite 2020



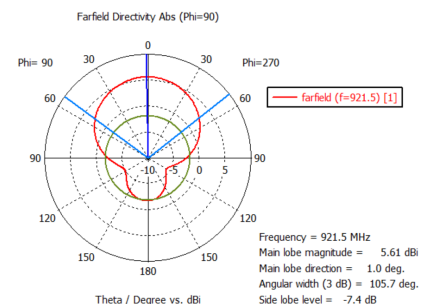
Gambar 3.8 Desain Optimasi Feedline Dengan CST Studio Suite 2020



Gambar 3.9 Frekuensi Kerja, Return Loss dan Bandwidth Hasil Simulasi



Gambar 3.10 VSWR Hasil Simulasi



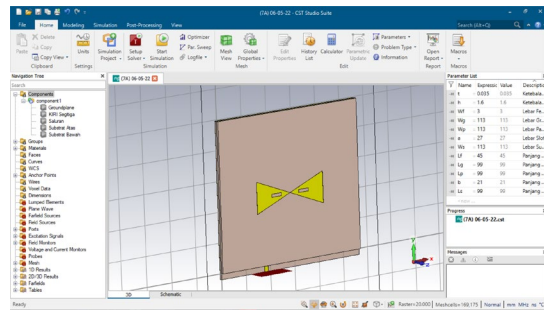
Gambar 3.11 Pola Radiasi Hasil Simulasi

Tabel 3.4 Nilai Dimensi Antena Mikrostrip Setelah Dioptimasi

Dimensi	Ukuran (mm)
Ketebalan Bahan Konduktor (t)	0,035
Ketebalan Substrat (h)	1,6
Lebar Sisi Bowtie (a)	27
Panjang Sisi Bowtie (b)	21
Lebar Feedline (Wf)	3
Lebar Groundplane (Wg)	113
Lebar Substrat (Ws)	113
Lebar Patch (Wp)	113
Lebar Slot (Wsl)	8
Panjang Feedline (Lf)	45
Panjang Groundplane (Lg)	103
Panjang Substrat (Ls)	99
Panjang Patch (Lp)	99
Panjang Slot (Lsl)	2

IV. PENGUKURAN DAN ANALISA

A. Analisa Hasil Simulasi Antena



Gambar 4.1 Desain Akhir Antena Mikrostrip Patch Bowtie

Pada gambar 3.5 dan 3.6 dapat terlihat nilai parameter kerja simulasi antena mikrostrip *patch bowtie*, pada nilai frekuensi kerja didapatkan nilai 2916,8 MHz dan nilai VSWR 2,1947653. Nilai tersebut tidak sesuai dengan nilai parameter kerja antena yang diharapkan, maka dari itu perlunya dilakukan optimasi agar dapat mendapatkan nilai parameter kerja antena yang sesuai dengan spesifikasi antena yang diharapkan.

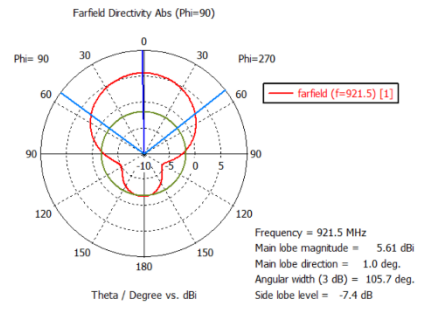
Pada gambar 3.9 dan 3.10 merupakan hasil dari pengoptimasian antena mikrostrip *patch bowtie*. Didapatkan nilai frekuensi kerja 921,6 MHz, nilai *bandwidth* 16,04 MHz dengan nilai *return loss* sebesar -49,055234 dB yang terletak pada resonansi terendah dan pola radiasi *directional*. Nilai VSWR didapatkan sebesar 1,0070762 yang mendekati nilai *matching* dari antena mikrostrip dengan nilai VSWR ≤ 2 .

Tabel 4.1 Nilai Return Loss Antena Mikrostrip Patch Bowtie

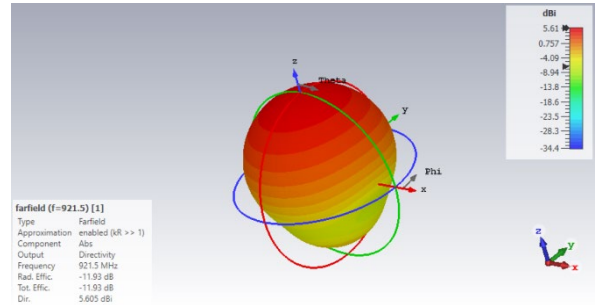
Frekuensi (MHz)	Return Loss (dB)
920	-23,543533
921	-31,881228
921,5	-44,79901
921,6	-49,055234
922	-35,69859
923	-24,838546

Tabel 4.2 Nilai VSWR dan Impedansi Antena Mikrostrip Patch Bowtie

Frekuensi (MHz)	VSWR	Impedansi (Ohm)
920	1,1424752	55,697097
921	1,0522602	52,293839
921,5	1,0130214	50,580106
921,6	1,0070762	50,237496
922	1,0333646	48,870463
923	1,1215414	45,494977



Gambar 4.2 Pola radiasi hasil simulasi



Gambar 4.3 Pola Radiasi 3D

Dari simulasi antena menggunakan *software CST Studio Suite 2020* didapatkan nilai parameter kerja simulasi perancangan antena mikrostrip *patch bowtie* dengan teknik pencatutan *proximity coupled*, dapat terlihat nilai kerja antena memenuhi dan mendekati nilai spesifikasi antena yang diharapkan.

B. Pengukuran dan Analisa Antena

Setelah melakukan tahapan simulasi, optimasi dan pengukuran antena mikrostrip menggunakan *software CST Studio Suite 2020*, langkah selanjutnya yaitu menguji dan mengukur antena yang telah terfabrikasi menggunakan alat pengukuran VNA untuk mendapatkan nilai *bandwidth*, VSWR dan *return loss* serta pola radiasi dan *gain* dengan *spectrum analyzer*.

Pada pengukuran menggunakan *pocket VNA* didapatkan nilai parameter antena mikrostrip yaitu frekuensi resonansi, *return loss*, *bandwidth* dan VSWR. Pengukuran dilakukan dengan *port* tunggal tanpa melibatkan antena lain sebagai pemancar / penerima, pengukuran dilakukan di port 1 dan menggunakan format S11. S11 merupakan perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan. Antena mikrostrip *patch bowtie* dihubungkan dengan port 1 menggunakan jenis konektor SMA *male*.

Tabel 4.3 Nilai Hasil Pengukuran Return Loss dan VSWR Menggunakan Pocket VNA

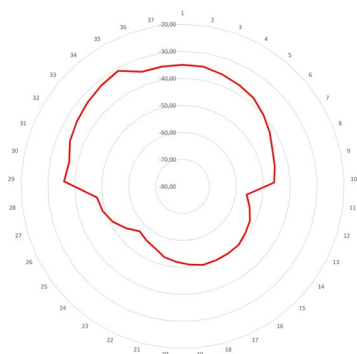
Frekuensi (MHz)	Return Loss	VSWR
920	-62,38266	1,0015213
921	-62,51037	1,0014991
921,5	-62,577211	1,0014876
922	-62,640477	1,0014768
923	-62,764901	1,0014558

Dari hasil pengukuran menggunakan *pocket VNA*, didapatkan frekuensi resonansi 944,8 MHz, *return loss* -64,88 dB.

Pada pengukuran menggunakan *spectrum analyzer* didapatkan nilai parameter antenna mikrostrip yaitu *gain* dan pola radiasi. Dengan *spectrum analyzer* akan didapatkan dan diketahui daya terima dari antenna mikrostrip. Pengukuran dilakukan dengan memanfaatkan modul LoRa yang dipancarkan dengan jarak 2 meter dari antenna yang di ukur, daya terima diukur pada sudut 0° - 360°. Didapatkan pola radiasi sebagai berikut :

Tabel 4.4 Pengukuran Pola Radiasi

Sudut (°)	Daya Terima (dBm)	Sudut (°)	Daya Terima (dBm)
0	-35	190	-52
10	-35	200	-53
20	-36	210	-55
30	-37	220	-56
40	-38	230	-57
50	-40	240	-54
60	-42	250	-51
70	-44	260	-49
80	-45	270	-48
90	-46	280	-36
100	-56	290	-37
110	-54	300	-35
120	-52	310	-34
130	-51	320	-33
140	-50	330	-32
150	-50	340	-31
160	-50	350	-35
170	-50	360	-35
180	-51		



Gambar 4.4 Pola radiasi hasil pengukura

Setelah mendapatkan pola radiasi dari antenna mikrostrip *patch bowtie*, langkah selanjutnya mencari nilai *gain* antenna mikrostrip. Berikut nilai *gain* berdasarkan pengukuran dan perhitungan melalui perumusan dengan persamaan :

$$G_{AUT} = G_{Ref}(dBi) + 10 \log \left(\frac{W_{RX}}{W_{Ref}} \right)$$

$$= 2,5 + 10 \log \left(\frac{-55}{-45} \right)$$

$$= 2,5 + 0,871$$

$$G_{AUT} = 3,371 \text{ dBi}$$

Dari perhitungan perumusan diatas didapatkan *gain* sebesar 3,371 dBi untuk antenna mikrostrip *patch bowtie*.

C. Analisa Hasil Akhir Pengukuran Antena

Pada sub bab ini membahas mengenai analisa perbedaan nilai hasil simulasi menggunakan *software CST Studio Suite 2020* dengan pengukuran antenna menggunakan *Pocket VNA*. Data yang dibandingkan berupa parameter kerja dari antenna mikrostrip meliputi *VSWR*, *gain*, *return loss*, *bandwidth* dan pola radiasi. Berikut analisa perbandingan dari nilai simulasi dan pengukuran :

Tabel 4.5 Perbedaan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Jenis Parameter	Nilai Parameter Simulasi Antena	Nilai Parameter Pengukuran Antena
Frekuensi Kerja	921,5 MHz	921,5 MHz
Return Loss	-44,7 dB	-62,5 dB
Bandwidth	16,04 MHz	44 MHz
VSWR	1,0130214	1,0014876
Pola Radiasi	<i>Directional</i>	<i>Directional</i>
Gain	5,61 dBi	3,371 dBi

Dapat terlihat nilai perbedaan dari perbandingan nilai pengukuran dan simulasi antenna mikrostrip *patch bowtie*. Terdapat pergeseran nilai resonansi antenna mikrostrip pada nilai pengukuran simulasi dari frekuensi 2916,8 MHz menjadi 921,6 MHz, perubahan nilai tersebut dikarenakan adanya proses optimasi pada dimensi antenna mikrostrip. Nilai *return loss* pengukuran didapatkan -62,5 dB, dari nilai tersebut terjadi peningkatan parameter kerja antenna sebesar 41% dari nilai simulasi sebesar -44 dB. Untuk nilai *bandwidth* mengalami kenaikan yang sebelumnya 16 MHz menjadi 44 MHz. Sementara untuk nilai *gain* terdapat penurunan sekitar 40% pada hasil pengukuran antenna fabrikasi, didapatkan nilai *gain* antenna mikrostrip 3,371 dBi.

Tabel 4.6 Perbedaan Hasil Pengukuran Antena Mikrostrip *Patch Bowtie* dan Antena Referensi Ebyte TX915-JK-11

Jenis Parameter	Nilai Parameter Antena Mikrostrip	Nilai Parameter Antena Referensi
Frekuensi Kerja	921,5 MHz	921,5 MHz
Return Loss	-62,57 dB	-9,14 dB
Bandwidth	44 MHz	67 MHz
VSWR	1,001	2,072
Pola Radiasi	<i>Directional</i>	<i>Omnidirectional</i>
Gain	3,371 dBi	2,5 dBi

Dapat terlihat nilai perbedaan dari perbandingan nilai parameter kerja antena mikrostrip *patch bowtie* dan antena referensi Ebyte TX915-JK-11. Nilai *return loss* pengukuran antena referensi -9,14 dB dan antena mikrostrip didapatkan -62,57 dB, terdapat perbedaan signifikan pada nilai *return loss* dimana antena mikrostrip memiliki *return loss* yang lebih baik dibandingkan antena referensi. Untuk nilai *bandwidth* mengalami penurunan pada antena mikrostrip sebesar 34%, antena referensi terlihat lebih unggul dan memiliki *range* frekuensi kerja lebih lebar dibandingkan antena mikrostrip. Pada nilai VSWR terdapat perbedaan sebesar 107% pada kedua antena, antena mikrostrip lebih unggul dikarenakan memiliki nilai VSWR ≤ 2 . Sementara untuk nilai *gain* antena mikrostrip diunggulkan dikarenakan terdapat kenaikan 35% jika dibandingkan dengan antena referensi, didapatkan nilai *gain* antena mikrostrip 3,371 dBi. Terdapat perbedaan pola radiasi yang dihasilkan dari kedua antena, antena mikrostrip memiliki pola radiasi berjenis *directional* dan antena referensi memiliki pola radiasi *omnidirectional*.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Antena mikrostrip *patch bowtie* dirancang dan disimulasikan menggunakan *software CST Studio Suite 2020*. Pada perancangan antena mikrostrip *patch bowtie* terdapat proses optimasi, optimasi dilakukan dengan mengubah dimensi *patch*, pemberian *slot* dan menggeser posisi *feedline*. Didapatkan nilai parameter simulasi antena simulasi *return loss* sebesar -44,79901 dB pada frekuensi 921,5 MHz, VSWR 1,013 serta *bandwidth* 16,04 MHz.
2. Antena mikrostrip *patch bowtie* menggunakan teknik pencatutan *proximity coupled* diukur dengan *pocket VNA* dan *spectrum analyzer* dapat bekerja pada frekuensi 921,5 MHz dengan *return loss* -62,5 dB, VSWR 1,001, *gain* 3,371 dBi dan pola radiasi berjenis *directional*.
3. Antena mikrostrip *patch bowtie* dengan teknik pencatutan *proximity coupled* mempunyai keunggulan/kelebihan dari antena monopole Ebyte TX915-JK11 pada parameter *gain*, *return loss*, dan VSWR.

B. Saran

Berdasarkan dengan hasil perhitungan dimensi, simulasi dan realisasi melalui fabrikasi antena mikrostrip, terdapat pergeseran frekuensi pada setiap langkah penelitian. Dibutuhkan ketelitian dan tingkat presisi pada proses fabrikasi, pemasangan konektor dan penempelan kedua substrat antena mikrostrip agar nilai dimensi antena sesuai dengan perhitungan. Jika ingin menambah *gain* dan *bandwidth* pada antena mikrostrip, dapat menggunakan teknik *array* pada desain antena.

Untuk mengetahui nilai pasti permitivitas dari material bahan FR4 Epoxy *Fiberglass*, perlunya dilakukan pengukuran agar nilai dimensi antena dan frekuensi kerja dari antena sesuai dengan yang diharapkan. Disarankan pada saat pengukuran, gunakan alat pengukur sudut yang lebih akurat, serta lokasi pengukuran sebaiknya pada ruangan *anchoic chamber* tertutup dengan level isolasi yang tinggi agar antena yang diukur tidak berinterferensi dengan frekuensi lain sehingga nilai antena yang di dapatkan adalah nilai *true* dari performa antena itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balanis, C.A. (2005). *Antenna Theory: Analysis and Design, 4rd ed.* John Wiley & Sons, INC.
- [2] Keerthi, V.H.R., Habibullah, K., Srinivasulu, P. (2013). *Design of CBand Microstrip Patch Antenna for Radar Applications Using IE3D.* IOSR *Journal of Electronics and Communication Engineering* (IOSR-JECE), *Volume 5, Issue 3.*
- [3] Irawan, B. (2017). Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch Biquad* Untuk WLAN 2,4 GHz Dengan Menggunakan Pencatuan *Proximity Coupled*. Malang : ITN Malang.
- [4] Fuad, M. (2021). Perancangan Antena Mikrostrip *Star Patch* Pada Sistem Peringatan Dini Kebakaran Hutan Menggunakan IOT LoRa 923 MHz. Malang : Universitas Brawijaya.
- [5] Stutzman, W.L., Thiele A.G. (1998). *Antenna Theory and Design 3rd ed.*, New York.
- [6] Sayidmarie K.H., Fadhel Y.A. (2013). *A Planar Self-Complementary Bow-Tie Antenna For UWB Applications, Progress In Electromagnetics Research C*, Vol. 35, 253-267.
- [7] Affandi, R. (2017). Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch Segitiga 2 Elemen* Untuk WLAN 2,4 GHz Dengan Menggunakan Pencatuan *Proximity Coupled*. Malang : ITN Malang.
- [8] Hanafiah, A.R. (2017). Rancang Bangun Antena *Microstrip Patch Segi Empat* Dengan Teknik *Planar* Untuk Aplikasi *Wireless LAN, IET Microwaves Antennas & Propagation December 2017.*
- [9] Wibowo, R. (2017). Perancangan Dan Pembuatan Antena Array Dengan *Beamwidth* $\leq 5^\circ$ Pada Frekuensi S-Band Dengan Menggunakan Elemen *Microstrip Bowtie*. Surabaya : ITS Surabaya.
- [10] Anzani, D.S. (2021). Perancangan Dan Realisasi Antena *Bowtie Antipodal* 1,6 GHz Untuk *Ground Penetrating Radar* (GPR). Bandung : Universitas Telkom.
- [11] Debora, S. (2017). Analisis Perbandingan Antena Mikrostrip Pencatu *Feedline* Dan *Proximity Coupled* Pada Frekuensi 2,4-2,5. Purwokerto : Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
- [12] Sotyohadi, S. (2015). Design and Fabrication of “Ha (a)” Shape-Slot Microstrip Antenna for WLAN 2.4 GHz. *Proceedings of Second International Conference on Electrical Systems, Technology and Information 2015 (ICESTI 2015)*, Bali: 9–12 September 2015. Hal. 383-391.
- [13] Kumalasari, W. (2016). Perancangan dan Pembuatan Antena Mikrostrip *Rectangular* Empat Elemen Dengan Konfigurasi *Linier Array* Pada Aplikasi WLAN Dengan Frekuensi Kerja 2,4 GHz. Malang : ITN Malang.
- [14] Liandana, M. (2019). Penerapan Teknologi LoRa Pada Purwarupa Awal Wearable Device. *Journal of Computer, information system, & technology managemen*, 40-46.



BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Kabupaten Bondowoso, tanggal 21 Januari 1998 dari pasangan Bapak Budi Hartono dan Ibu Siti Hotimah. Penulis mulai bersekolah di SDN Dabasah 7 Bondowoso dan lulus pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan ke SMPN 2 Bondowoso dan lulus pada tahun 2013.

Selanjutnya penulis melanjutkan studinya ke SMKN 4 Bondowoso dengan memilih kompetensi keahlian Teknik *Switching* program studi keahlian Teknik Telekomunikasi dan lulus pada tahun 2016. Penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Nasional Malang dan memilih Program Studi Teknik Elektro S-1, Peminatan Teknik Telekomunikasi, penulis aktif dalam kegiatan Komunitas Linux ITN Malang dan Asisten Laboratorium Jaringan Telekomunikasi ITN Malang. Pada tahun 2022 penulis lulus dari Institut Teknologi Nasional Malang dengan judul skripsi “Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch Bowtie* Dengan Pencatuan *Proximity Coupled* Untuk Aplikasi LoRa Pada Frekuensi 920-923 MHz”. Penulis dapat dihubungi melalui email : ramadhanriz21@gmail.com .