

Jurnal Transmisi Rev 3

by Reynaldy.024@gmail.com 1

Submission date: 25-Mar-2025 05:22PM (UTC+0530)

Submission ID: 2624737580

File name: Jurnal_Transmisi_rev_3.pdf (679.84K)

Word count: 3617

Character count: 20827

Desain Antena Microstrip Multiband dengan Slot untuk LoRa/GPS pada Aplikasi Internet of Things

Mohamad Reynaldy Hilyawan^{1*)}, Taufik Iqbal Miftaks², Nihayatun Nafisah³, Teja Sulaksana⁴

^{1*)}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Serang, Indonesia

*E-mail: dosen02935@unpam.ac.id

Abstrak

Antena mikrostrip banyak digunakan dalam aplikasi komunikasi nirkabel karena ukuran yang kompak dan kemampuannya untuk beroperasi pada berbagai frekuensi. Seiring berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT), kebutuhan akan antena *multiband* yang dapat mendukung berbagai aplikasi, seperti LoRa dan GPS, semakin penting. Desain antena yang optimal diperlukan untuk memenuhi tuntutan tersebut dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti efisiensi radiasi, *bandwidth*, dan kompatibilitas dengan berbagai frekuensi. Penelitian ini mengembangkan desain antena mikrostrip *multiband* yang menunjukkan hasil *return loss* -11,93 dB pada frekuensi 915 MHz, -11,92 dB pada frekuensi 972 GHz, -18,54 dB pada frekuensi 1,42 GHz, serta -17,23 dB pada frekuensi 1,57 GHz. Antena ini menggunakan teknik *slot* pada *patch* untuk meningkatkan performa tanpa menambah elemen tambahan, menghasilkan antena dengan dimensi $65 \times 62 \times 1,6 \text{ mm}^3$. Desain antena diuji menggunakan substrat FR4 dengan ketebalan 1,6 mm. Hasil simulasi menunjukkan bahwa antena ini memiliki *return loss* yang baik dan *bandwidth* yang memadai. Antena mikrostrip *multiband* yang dikembangkan dalam penelitian ini terbukti efektif untuk aplikasi IoT yang membutuhkan miniaturisasi dan dukungan pada beberapa frekuensi. Antena ini memiliki performa yang baik dalam hal *return loss*, *bandwidth*, dan efisiensi radiasi, menjadikannya solusi yang ideal untuk sistem komunikasi berbasis LoRa dan GPS dalam IoT.

Kata kunci: Mikrostrip, LoRa/GPS, IoT, Multiband, Slot.

Abstract

Microstrip antennas are widely used in wireless communication applications due to their compact size and ability to operate at a wide range of frequencies. As the Internet of Things (IoT) technology advances, the need for multiband antennas that can support various applications, such as LoRa and GPS, is increasingly important. Optimal antenna design is needed to meet these demands by considering factors such as radiation efficiency, bandwidth, and compatibility with various frequencies. This study develops a multiband microstrip antenna design that shows a return loss of -11.93 dB at 915 MHz, -11.92 dB at 972 GHz, -18.54 dB at 1.42 GHz, and -17.23 dB at 1.57 GHz. This antenna uses a slot technique on the patch to improve performance without adding additional elements, resulting in an antenna with dimensions of $65 \times 62 \times 1.6 \text{ mm}^3$. The antenna design was tested using a 1.6 mm thick FR4 substrate. Simulation results show that this antenna has good return loss and adequate bandwidth. The multiband microstrip antenna developed in this study is proven to be effective for IoT applications that require miniaturization and support for multiple frequencies. This antenna has good performance in terms of return loss, bandwidth, and radiation efficiency, making it an ideal solution for LoRa and GPS-based communication systems in IoT.

Keywords: Microstrip, LoRa/GPS, IoT, Multiband, Slot.

1. Pendahuluan

Internet of Things (IoT) adalah teknologi terintegrasi yang digunakan untuk membantu berbagai macam perangkat mengkomunikasikan informasi melalui pengaturannya [1]. *Internet of Things* atau yang biasa disebut dengan IoT memungkinkan perangkat dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan menyediakan komunikasi nirkabel melalui jaringan, sehingga

menghasilkan beberapa manfaat ekonomi dan peningkatan efisiensi [1].

IoT telah berkembang pesat di dunia telekomunikasi nirkabel modern [2]. Menurut Lazarescu et al. [3], standar IoT diciptakan supaya komputer dapat berkomunikasi dengan lingkungan dan mengakses data dari perangkat dan objek tanpa adanya interaksi manusia. Antena dianggap sebagai salah satu komponen terpenting dari sistem komunikasi nirkabel karena membantu meningkatkan kinerja dan kebutuhan sistem secara keseluruhan jika

dirancang dengan baik [3]. Antena *patch* mikrostrip umumnya digunakan dalam aplikasi IoT karena kompatibilitasnya, ringan, dan aplikasinya yang presisi di wilayah frekuensi gelombang mikro [4]. Keuntungan miniaturisasi antena adalah memungkinkan integrasi yang mudah ke dalam perangkat IoT yang berukuran kecil [5].

Antena *patch* mikrostrip (MPA) menjadi perhatian besar karena beberapa keunggulan karakteristiknya berupa ketahanan mekanis, bobot ringan, kemudahan desain, kemudahan pembuatan menggunakan teknologi sirkuit cetak modern, dan kemudahan integrasi dengan permukaan planar dan nonplanar [6–9]. Hasilnya, merupakan opsi terbaik untuk digunakan dalam merancang antena untuk komunikasi IoT LoRa. Dalam dekade terakhir, beberapa MPA dilaporkan untuk aplikasi LoRa [10][11]. Di antara literatur ini, sangat sedikit yang mempertimbangkan desain MPA untuk aplikasi GPS/LoRa.

Penelitian sebelumnya menyajikan antena *dual-band* mencakup GPS 1,57 GHz dan LoRa 868 MHz untuk aplikasi geolokasi dalam perangkat pelacakan. Antena menggunakan GPS 1,57 GHz untuk memperoleh informasi geolokasi dari GNSS dan mengirimkan informasi ini melalui *transceiver* LoRa pada 868 MHz. Antena ini menunjukkan penguatan sebesar 3,35 dBi pada 868 MHz dan 5,08 dBi pada 1,57 GHz, dengan ukuran ringkas $65 \times 62 \times 1,6 \text{ mm}^3$ [12].

Penelitian ini memberikan kontribusi desain untuk menghasilkan antena mikrostrip *multiband* pada 915 MHz, dan 970 MHz untuk LoRa serta 1,42 GHz, dan 1,57 GHz untuk GPS atau sistem navigasi dengan penambahan metode slot dan ukuran ringkas pada antena mikrostrip $65 \times 62 \times 1,6 \text{ mm}^3$.

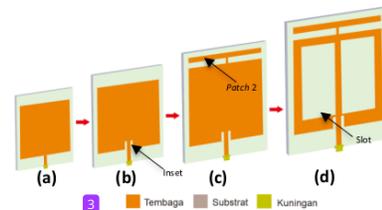
2 Metode

2.1 Pengembangan Model Antena

Penelitian ini, antena mikrostrip dirancang dan dikembangkan melalui beberapa tahapan yang pertama adalah *single element*, penambahan inset, penambahan *patch*, penambahan slot. Substrat yang digunakan adalah FR-4 epoxy dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) 4,3, loss tan ($\tan \delta$) 0,025 dan ketebalan (h) 1,6 mm. Antena dirancang untuk beroperasi pada frekuensi resonansi (f_r) 915 MHz, dan 970 MHz untuk LoRa serta 1,42 GHz, dan 1,57 GHz untuk GPS atau sistem navigasi dengan penambahan metode slot dan ukuran ringkas pada antena mikrostrip $65 \times 62 \times 1,6 \text{ mm}^3$. Gambar 2.1. menampilkan pengembangan model antena pada penelitian ini.

Tahapan diawali mulai dari pengembangan model antena mikrostrip yaitu dengan perancangan antena mikrostrip bentuk persegi Panjang yang beroperasi pada frekuensi resonansi (f_r) 915 MHz, dan 970 MHz untuk LoRa serta 1,42 GHz, dan 1,57 GHz untuk GPS atau sistem navigasi seperti yang ada pada Gambar 2.1. Antena desain awal (a) Kemudian, untuk meningkatkan performa dari *return loss*, maka antena dapat dikembangkan menggunakan teknik *inset* pada Gambar 1 (b) dan Gambar 1 (c) dengan penambahan *patch* yang digunakan untuk

menambahkan frekuensi. Tahap akhir adalah merancang antena dengan menambah metode slot pada *patch* antena seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (d).



Gambar 2.1 Pengembangan Model Antena mikrostrip: (a) Elemen Tunggal, (b) Inset-Loaded, (c) Penambahan Patch, (d) Slot-Loaded.

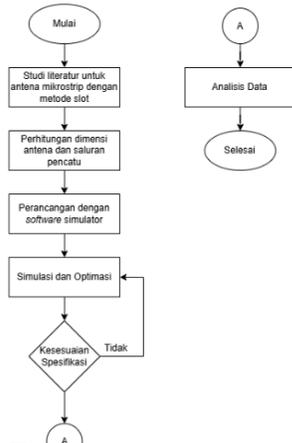
Perancangan antena mikrostrip terbuat dari bahan *cooper* yang ada di bagian atas substrat dan berada di bagian bawah substrat yang difungsikan sebagai *groundplane*. Antena mikrostrip dapat terhubung secara langsung dengan menggunakan konektor yang terbuat dari bahan kuningan (*Brass*) dengan impedansi yang dibutuhkan adalah 50Ω untuk saluran mikrostrip. Kemudian proses *loading*, perancangan dan realisasi antena mikrostrip dalam penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 yaitu diagram alir perancangan antena mikrostrip dengan menambahkan slot pada *patch*.

Tahap desain awal adalah melakukan studi literatur, selanjutnya menghitung dimensi antena mikrostrip dan simulasi menggunakan perangkat lunak atau *software* untuk mendapatkan hasil optimasi dari antena mikrostrip. Terakhir, merancang dan mensimulasikan antena mikrostrip dengan beberapa iterasi untuk mendapatkan hasil optimasi yang lebih baik dari antena mikrostrip.

Langkah berikutnya mendesain dan mensimulasikan antena mikrostrip dengan menggunakan metode penambahan *patch*, *slot* dan *inset* sehingga optimasi yang lebih baik bisa dihasilkan dari desain sebelumnya. Jika hasilnya masih belum sesuai dengan parameter yang diinginkan, maka optimasi dilakukan kembali.

Langkah selanjutnya adalah menganalisis apakah hasilnya sesuai dengan yang diinginkan. Selanjutnya hasil pengukuran parameter antena dianalisis untuk menentukan perbedaan antara hasil penelitian sebelumnya dan penelitian yang diusulkan. Antena mikrostrip disimulasikan dengan *software* dengan berbagai metode.

Hasil simulasi antena dianalisis untuk menghitung *bandwidth*, *gain*, dan peningkatan parameter lainnya. Dengan menggunakan rumus persamaan, maka ukuran elemen atau tambalan yang memancar dengan panjang 46 mm. Karena perhitungan lebar dan panjang substratnya sama dengan *ground plane*, maka berdasarkan hasil perhitungan bahwa lebar substrat 62 mm dan Panjang substrat adalah 65 mm.



Gambar 2.2 Diagram Alir Perancangan Antena.

Gambar 2.2 tersebut menunjukkan bahwa tahapan dimulai dari perancangan antenna mikrostrip yaitu menentukan parameter antenna. Parameter antenna mikrostrip yang diusulkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Antena.

Deskripsi	Parameter	Optimasi	Proposed
Panjang Substrat	Ls	65	65
Lebar Substrat	Ws	62	62
Panjang Patch	L	55,15	53
Lebar Patch	Wp	46	46
Lebar Feed	Wf	3,06	3,06
Panjang Feed	Lf	9,5	9,5
Lebar Inset	Wg	3,06	3,06
Panjang Inset	Lg	7	7
Ketebalan substrat	ts	1,6	1,6
Ketebalan Patch	tp	0,035	0,035

2.2. Dimensi Antena

Antena mikrostrip sudah diintegrasikan dalam peralatan telekomunikasi. Namun, perlu yang terlihat pada Gambar 2.3, mikrostrip memiliki beberapa kelemahan, seperti efisiensi yang rendah, bandwidth yang terbatas, dan directivity yang rendah. Berbagai metode digunakan untuk meningkatkan kinerja antenna mikrostrip guna optimasi [13].

Dalam merancang antenna mikrostrip, perhitungan matematis diperlukan untuk menentukan ukuran antenna. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam perancangan antenna mikrostrip. Proses desain antenna dimulai dengan menghitung lebar elemen pemancar (W) menggunakan rumus berikut (1) [14].

$$W_{cw} = \frac{c}{2f\sqrt{\frac{\epsilon+1}{2}}} \quad (1)$$

W_{cw} adalah lebar konduktor, ϵ merupakan konstanta dielektrik relative, c merupakan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s), dan f adalah frekuensi operasi antenna. Selanjutnya, panjang elemen dihitung menggunakan rumus (2) [15].

$$L_{re} = L_{eff} - 2\Delta L_{RP} \quad (2)$$

Untuk mencari panjang efektif dapat menggunakan rumus (3).

$$L_{eff} = \frac{c}{2f\sqrt{\frac{\epsilon+1}{2}}} \quad (3)$$

Nilai konstanta dielektrik efektif dihitung menggunakan rumus (4) [16].

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[1 + 12\frac{h}{w}\right]^{-1/2} \quad (4)$$

ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik efektif, w menunjukkan lebar patch dalam satuan mm, L_{eff} adalah panjang efektif dalam mm, dan h adalah ketebalan substrat dalam mm. Bagian dari antenna mikrostrip ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Pengaruh elemen radiasi pada antenna mikrostrip tampak lebih besar dibandingkan dengan dimensi fisiknya. Penambahan panjang pada L (ΔL) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (5) [17].

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff}+3)(\frac{w}{h}+0.264)}{(\epsilon_{reff}-0.258)(\frac{w}{h}+0.8)} \quad (5)$$

Penentuan groundplane pada desain antenna mikrostrip harus disesuaikan dengan spesifikasi yang tepat karena dapat mempengaruhi nilai gain yang dihasilkan. Meskipun secara ideal ukuran dan ketebalan groundplane tidak terbatas, yang ditekankan dengan istilah infinite groundplane, dalam praktiknya hal ini tidak dapat diterapkan secara langsung. Oleh karena itu, penyesuaian dilakukan berdasarkan kebutuhan spesifik dari desain tersebut [18].

2.3. Parameter dari Antena Mikrostrip

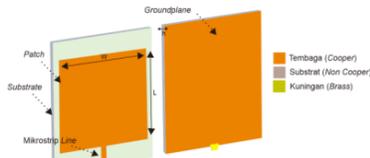
Beberapa parameter penting yang sering digunakan untuk menggambarkan karakteristik antenna mikrostrip biasanya ditentukan melalui pengamatan pada far-field [19].

1) VSWR

VSWR merupakan rasio dari amplitudo gelombang berdiri maksimum ($|V|_{max}$) dan minimum ($|V|_{min}$). Saluran transmisi terdiri dari dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang dipantulkan (V_0^-). Rasio antara tegangan yang dipantulkan dan yang dikirimkan dikenal sebagai koefisien refleksi

tegangan $[\Gamma]$ [18]. Untuk mencari nilai VSWR atau S , digunakan Persamaan (6).

$$S = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} = \quad (6)$$



Gambar 2.3 Diagram Alir Perancangan Antena.

Kondisi yang paling baik yaitu ketika nilai VSWR sama dengan 1 atau $S = 1$ yang berarti tidak ada refleksi. Ketika saluran dalam kondisi *matching* sempurna [18].

2) Bandwidth

Bandwidth dapat dihitung jika frekuensi bawah dan frekuensi atas atau antena sudah diketahui [19]. Sebagai contoh, jika sebuah antena beroperasi pada frekuensi tengah f_c , namun masih dapat berfungsi dengan baik pada frekuensi f_1 (di bawah f_c) hingga f_2 (di atas f_c), maka lebar bandwidth antena tersebut adalah selisih antara f_1 dan f_2 . Jika dinyatakan dalam persentase, bandwidth antena ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 7 [20].

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (7)$$

3) Gain

Gain adalah rasio antara intensitas radiasi suatu antena dalam arah utama tertentu dengan intensitas radiasi dari antena isotropik yang menggunakan daya masukan yang sama. Nilai gain dapat dihitung menggunakan Persamaan 8 [19].

$$G = D \cdot \eta \quad (8)$$

D merujuk pada *directivity* dan η adalah efisiensi antena. Saat antena digunakan dalam suatu sistem, fokus utamanya adalah seberapa efisien antena dalam mengubah daya yang diterima di terminal *input* menjadi daya radiasi. Untuk mengukur hal ini, *power gain* atau cukup disebut *gain*, didefinisikan sebagai 4π kali rasio antara intensitas dalam arah tertentu dengan daya yang diterima oleh antena. Hal ini dinyatakan dalam Persamaan 9 [19].

$$G(\theta, \phi) = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (9)$$

Metode pada pengukuran *gain* yang paling sering digunakan yaitu metode perbandingan atau *gain transfer method*. Metode ini memanfaatkan penguatan standar untuk menentukan penguatan absolut. Langkah pertama

adalah melakukan pengukuran *gain* relatif terhadap antena standar yang penguatannya sudah diketahui.

4) Return Loss

Return loss terjadi karena adanya ketidaksesuaian antara saluran transmisi dan impedansi masukan beban antena, yang menyebabkan tidak semua daya yang diradiasikan dapat diterima, melainkan sebagian dipantulkan kembali [19]. Nilai *return loss* dapat dihitung dengan memasukkan koefisien tegangan $[\Gamma]$ ke dalam Persamaan 10:

$$Return Loss = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (10)$$

5) Pola Radiasi

Pada sebuah fungsi matematis atau biasa disebut dengan representasi sebuah grafik dalam suatu fungsi koordinat ruang dari sifat radiasi antena bisa disebut dengan Pola Radiasi. Sifat radiasi dapat meliputi kuat medan atau polarisasi, kerapatan *flux*. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat penting adalah persebaran secara 3 dimensi atau 2 dimensi dari energi yang diradiasikan antena [19].

2.4. Teknik Pencatutan Inset

Pencatutan *inset* merupakan modifikasi dari pencatutan *microstrip line*. Pencatutan ini mirip dengan *microstrip line*, namun dengan perbedaan yaitu bagian pencatutan sedikit masuk menuju antena *patch* mikrostrip. Tujuan pemotongan *patch* untuk membentuk pencatutan *inset* adalah untuk menyelaraskan impedansi *feed line* dengan *patch* tanpa perlu menambahkan elemen lain, seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 [17].

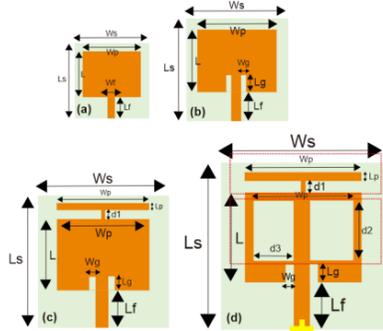
Dengan menggunakan Persamaan (1) hingga (5), ukuran antena mikrostrip dengan *slot* dapat dihitung. Desain antena dengan *slot*, yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan Tabel 2, mencerminkan dimensi yang sesuai dengan perhitungan antena mikrostrip menggunakan metode *slot*. Antena mikrostrip dengan metode *slot* memiliki *groundplane* yang penuh.

2.5. Desain Antena Mikrostrip

Perancangan antena mikrostrip dimulai dengan menentukan karakteristik antena yang akan digunakan. Karakteristik yang dipertimbangkan dalam penelitian ini meliputi frekuensi kerja, *return loss*, VSWR, *gain*, dan *bandwidth*, yang tercantum pada Tabel 3. Selanjutnya, desain antena mikrostrip melibatkan pemilihan jenis substrat yang digunakan. Dalam penelitian ini, substrat yang dipilih adalah FR4 (*epoxy*) dengan ketebalan 1,6 mm, dan spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 4.

Setelah menentukan karakteristik antena dan memilih substrat yang sesuai, langkah selanjutnya adalah merancang geometri antena, seperti lebar *patch*, panjang elemen, dan posisi pencatutan, yang semuanya berpengaruh terhadap performa antena, termasuk efisiensi radiasi dan impedansi. Proses ini juga melibatkan pengujian dan simulasi menggunakan perangkat lunak untuk memastikan

desain antenna mencapai spesifikasi yang diinginkan, seperti pengurangan *return loss*, peningkatan *bandwidth*, dan pencocokan impedansi yang tepat. Dengan memanfaatkan metode perancangan yang tepat, antenna mikrostrip diharapkan dapat berfungsi optimal sesuai dengan aplikasi yang ditargetkan, baik itu untuk komunikasi nirkabel, sistem navigasi, atau aplikasi IoT.



Gambar 2.4 Struktur Antena Rancangan; (a) Elemen Tunggal, (b) Inset-Loaded, (c) Penambahan Patch 2, (d) Slot-Loaded proposed.

Tabel 2. Dimensi Antena dengan Slot

Deskripsi	Parameter	Proposed
Iterasi 1 dan 2, Patch 2	Lp	53
Iterasi 1 dan 2, Patch 2	Wp	3
Iterasi 1 dan 2, Patch 2	dw1	1
Iterasi 3 dan 4, Patch 2	Lp	54,60
Iterasi 3 dan 4, Patch 2	Wp	2,20
Iterasi 3 Patch 2	dw1	3
Iterasi 4 Patch 2	dw1	4,4
Iterasi 1 Slot	d3	15
Iterasi 2 Slot	d3	16
Iterasi 3 dan 4, Slot	d3	15,80
Iterasi 3 dan 4, Slot	d2	34,40

Berdasarkan hasil perhitungan maka ukuran elemen yang memancar dengan lebar 53 mm. Panjang efektif elemen radiasi yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan (3). Hasil dari perhitungan menggunakan rumus persamaan (2) tersebut, maka ukuran elemen atau tambalan yang memancar dengan panjang 46 mm. Karena perhitungan lebar dan panjang substratnya sama dengan *ground plane*, maka berdasarkan hasil perhitungan bahwa lebar substrat 62 mm dan Panjang substrat adalah 65 mm.

Dalam desain panjang saluran transmisi menggunakan impedansi yaitu 50 Ω. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan atau rumus, maka diperoleh lebar saluran transmisi adalah 50 Ω dengan nilai 3,06 mm. Desain panjang *inset feed line* dapat dihitung berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan atau rumus.

Panjang *inset feed line* diperoleh dengan nilai 7 mm, dan Panjang saluran pencatu adalah 9,5 mm, sedangkan desain lebar celah/lebar saluran *inset* menggunakan persamaan atau rumus. Ukuran lebar celah/lebar garis umpan *inset* dapat ditemukan dengan nilai 3,06 mm.

Tabel 3. Parameter Antena

Parameter	Nilai
Frequency	915 MHz, 970 MHz, 1,42 GHz, 1,57 GHz
Return Loss	≤ -10dB
VSWR	≤ 2
Bandwidth	≥ 10

Tabel 4. Spesifikasi Substrat

Parameter	Nilai
Substrate Type	FR 4 Epoxy
Relative dielectric constant (ϵ_r)	4,3
Dielectric loss tangent ($\tan \delta$)	0,025
Substrate thickness (h)	1,6 mm

3. Hasil dan Pembahasan

Spesifikasi frekuensi antenna *patch* mikrostrip dalam penelitian ini adalah 915 MHz, dan 970 MHz untuk LoRa serta 1,42 GHz dan 1,57 GHz untuk GPS atau sistem navigasi. Jenis substrat yang digunakan yaitu FR4 dengan ϵ_r sebesar 4,3 dan h sebesar 1,6 milimeter. Desain model antenna direncanakan sebagaimana mestinya. Pertama-tama substrat antenna *patch* mikrostrip direncanakan dengan lebar 62 mm dan panjang 65 mm, dan tinggi 1,6 mm. Permukaan substrat menjadi titik dasar kemudian ukuran *patch* antenna yang setengah dari lebarnya 46 mm memiliki panjang 53 mm dan tinggi 0,035 mm. Pengambilan data menggunakan *software simulator*.

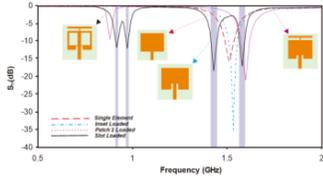
Gambar 2.4 menunjukkan ukuran antenna mikrostrip hasil simulasi berdasarkan penelitian sebelumnya dengan ukuran substrat yang dioptimalkan, yaitu ukuran *patch*, saluran transmisi, dan *ground* sehingga ukuran terbaik substrat adalah lebar 62 mm dan panjang 65 mm, dan tinggi 1,6 mm. Permukaan substrat menjadi titik dasar kemudian ukuran *patch* antenna yang setengah dari lebarnya 46 mm memiliki panjang 53 mm dan tinggi 0,035 mm.

Simulasi dari hasil rancangan antenna merupakan hasil simulasi dari ukuran antenna mikrostrip sebelumnya dengan *inset feed line* yang dioptimalkan sehingga ukuran terbaik diperoleh dengan lebar 3,06 mm dan *inset* saluran umpan dengan panjang 7,00 mm.

Gambar 2.4 juga merupakan hasil simulasi antenna mikrostrip berdasarkan iterasi sebelumnya dengan substrat yang dioptimalkan dan penambahan *patch* 2 dengan panjang slot $w_p = 54,60$ mm dan $l_p = 2,2$ mm serta parameter lainnya tetap.

Selain itu pengembangan lainnya menunjukkan antenna mikrostrip simulasi berdasarkan penelitian sebelumnya dengan substrat yang dioptimalkan serta penambahan *slot*. Parameter lain tetap sehingga ukuran terbaik diperoleh substrat dengan lebar 62 mm dan panjang 65 mm. Ukuran *patch* dengan lebar 46 mm dan panjang 53 mm, ukuran saluran transmisi dengan lebar 3,06 mm, dan

ukuran *groundplane* dengan lebar 62 mm dan panjang 65 mm.



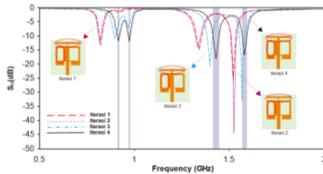
Gambar 2.4 Hasil Simulasi dari Antena Rancangan

Gambar 2.5 memperlihatkan pengujian antena *patch* mikrostrip untuk keterbaruan, yaitu *multiband*, berdasarkan penelitian sebelumnya dengan beberapa iterasi dan parameter yang diusulkan. Pada gambar iterasi 1 menunjukkan desain antena menggunakan *patch* 2 dan *slot* dengan hasil *return loss* -13,5 dB pada frekuensi 820 MHz, -14,64 dB pada frekuensi 1,34 GHz, -25,98 dB pada frekuensi 1,52 GHz.

Iterasi 2 memperlihatkan pengujian antena *patch* mikrostrip untuk keterbaruan, yaitu *multiband*, dengan beberapa iterasi dan parameter yang diusulkan. Pada gambar iterasi 2 menunjukkan desain antena menggunakan *patch* 2 dan *slot* dengan hasil *return loss* -12,59 dB pada frekuensi 817 MHz, -14,1 dB pada frekuensi 1,33 GHz, -44,60 dB pada frekuensi 1,52 GHz.

Iterasi 3 memperlihatkan pengujian antena *patch* mikrostrip untuk keterbaruan, yaitu *multiband*, dengan beberapa iterasi dan parameter yang diusulkan. Pada gambar iterasi 3 menunjukkan desain antena menggunakan *patch* 2 dan *slot* dengan hasil *return loss* -10,80 dB pada frekuensi 897 MHz, -20,48 dB pada frekuensi 1,39 GHz, -32,97 dB pada frekuensi 1,56 GHz.

Iterasi 4 memperlihatkan pengujian antena *patch* mikrostrip untuk keterbaruan, yaitu *multiband*, dengan beberapa iterasi dan parameter yang diusulkan. Pada gambar iterasi 4 menunjukkan desain antena menggunakan *patch* 2 dan *slot* dengan hasil *return loss* -11,93 dB pada frekuensi 915 MHz, -11,92 dB pada frekuensi 972 GHz, -18,54 dB pada frekuensi 1,42 GHz, serta -17,23 dB pada frekuensi 1,57 GHz.



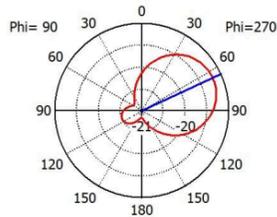
Gambar 2.5 Hasil Simulasi dengan Beberapa Iterasi dari Antena Mikrostrip.

Tabel 5. Bandwidth dan VSWR

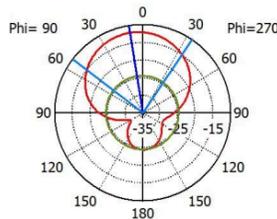
Parameter	Frekuensi (GHz)	Bandwidth (MHz)	VSWR
Iterasi 1	0,82	14	1,53
	1,34	28	1,45
	1,52	27	1,10
Iterasi 2	0,81	12	1,61
	1,33	27	1,49
Iterasi 3	0,89	9	1,8
	1,39	28	1,2
Iterasi 4	1,56	27	1,04
	0,915	13	1,67
	0,972	12	1,67
	1,42	29	1,26
	1,57	23	1,31

Beberapa hal pada pengukuran yang perlu diperhatikan yaitu jenis polarisasi antena. Apabila jenis polarisasi tersebut tidak sesuai, maka yang terjadi yaitu hilangnya daya. Hilangnya hal tersebut dikarenakan ketidaksesuaian antara antena penerima dan pemancar. Istilah dari ketidaksesuaian polarisasi tersebut adalah *loss polarization*. Agar dapat mengetahui tipe polarisasi maka dapat menggunakan persamaan Axial Ratio (AR).

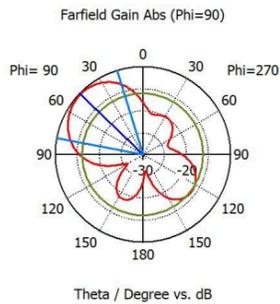
Farfield Gain Abs (Phi=90)



Theta / Degree vs. dB Farfield Gain Abs (Phi=90)



Theta / Degree vs. dB



Gambar 2.6 Polar Pattern Iterasi 4

Tabel 6. Proposed Antena Mikrostrip

Parameter	Frekuensi (MHz)	Substrate	Size (mm ²)
Ref. [10]	868	FR-4	120 × 70
	868		
	1210		
Ref. [12]	1570	FR-4	65 × 62
	868		
Penelitian ini	868	FR-4	65 × 62
	1570		
	915		
	972		
	1420		
	1570		

4. Kesimpulan

Penelitian ini menyajikan antena *multiband* yang ringkas untuk GPS/LoRa pada Aplikasi *Internet of Things* yang beroperasi pada 915 MHz, 972 MHz, 1,42 GHz, dan 1,57 GHz. Antena ini dirancang menggunakan teknik *patch* sederhana, di mana *patch* kedua ditambahkan di atas *patch* radiusi utama untuk menciptakan resonansi pada 915 MHz. Antena ini menunjukkan hasil *return loss* -11,93 dB pada frekuensi 915 MHz, -11,92 dB pada frekuensi 972 MHz, -18,54 dB pada frekuensi 1,42 GHz, serta -17,23 dB pada frekuensi 1,57 GHz, dengan ukuran ringkas 65 × 62 × 1,6 mm³. Hal ini menjadikannya pilihan yang ideal untuk aplikasi IoT yang memerlukan miniaturisasi perangkat. Antena ini menawarkan solusi yang menjanjikan untuk sistem komunikasi nirkabel yang beroperasi pada beberapa pita frekuensi dengan faktor bentuk yang kecil.

Jurnal Transmisi Rev 3

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	adoc.pub Internet Source	4%
2	123dok.com Internet Source	3%
3	ejurnal.itenas.ac.id Internet Source	2%
4	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	1%
5	beei.org Internet Source	1%
6	Submitted to Hialeah Gardens Senior High School Student Paper	1%
7	repository.usd.ac.id Internet Source	1%
8	jurnal.polines.ac.id Internet Source	1%
9	www.karyailmiah.trisakti.ac.id Internet Source	1%
10	docplayer.info Internet Source	<1%
11	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1%
12	Submitted to utn Student Paper	<1%

[jnte.ft.unand.ac.id](#)

13	Internet Source	<1 %
14	repository.unib.ac.id Internet Source	<1 %
15	Submitted to Udayana University Student Paper	<1 %
16	ieeexplore.ieee.org Internet Source	<1 %
17	www.neliti.com Internet Source	<1 %
18	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
19	ejournal.upi.edu Internet Source	<1 %
20	lecturer.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %
21	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %
22	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %
23	riss.kr Internet Source	<1 %
24	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
25	Farrah Vauzia, Nurista Wahyu Kirana. "PENGARUH BENDING PADA ANTENA MIKROSTRIP FLEKSIBEL UNTUK APLIKASI IOT", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2024 Publication	<1 %
26	ejournal.gunadarma.ac.id Internet Source	<1 %

27 newspaperfoolad.blog.ir

Internet Source

<1%

28 core.ac.uk

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off