

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan pesat teknologi menghubungkan dunia nyata dengan dunia digital, di mana sensor memegang peranan penting. Sensor secara umum dibedakan menjadi sensor aktif dan sensor pasif. Perbedaan utama pada sensor berada pada sumber energi dan cara kerjanya. Sensor aktif menggunakan daya dari baterai internal untuk mengumpulkan dan mengirimkan data. Sedangkan, sensor pasif memiliki konsumsi daya yang sangat rendah karena energinya diperoleh dari sinyal yang datang (*Islam et al., 2024*). Sensor kini semakin banyak digunakan dan jaringan sensor nirkabel dinilai lebih murah dan lebih mudah diterapkan karena tidak membutuhkan kabel listrik, sehingga memungkinkan pengumpulan data dalam jumlah besar (*Priyanka et al., 2024*).

Sensor antena juga semakin diminati dalam beberapa tahun terakhir karena bersifat pasif, mudah dirancang, dan berukuran kecil. Antena sendiri merupakan perangkat yang mengubah sinyal frekuensi radio menjadi gelombang elektromagnetik. Beberapa jenis antena meliputi antena apertur, reflektor, lensa, *patch*, dan antena tercetak. Antena mikrostrip merupakan jenis antena tercetak yang paling dasar dan paling banyak dikembangkan. Antena mikrostrip menjadi bentuk yang paling umum digunakan karena ukurannya kecil, ringan, murah, dan mudah dibawa. Antena ini memiliki berbagai macam bentuk, seperti segitiga, lingkaran, persegi panjang, elips, dan lainnya (*Priyanka et al., 2024*).

Di sektor pertanian, sensor telah digunakan untuk membantu pengumpulan data spasial, penerapan irigasi presisi, penerapan teknologi variabel, dan penyampaian data kepada petani. Dalam sistem ini, sensor nirkabel dimanfaatkan untuk penjadwalan irigasi dengan menggabungkan data cuaca setempat, data penginderaan jauh, serta kebutuhan petani. Sensor kelembaban mikrostrip nirkabel berbentuk cincin telah dirancang untuk mendeteksi kadar air pada makanan, tanah, buah-buahan, jagung, biji-bijian, dan kemasan. Dengan menggunakan substrat FR4, sensor ini memiliki biaya yang rendah dan dapat beroperasi di lapangan dalam jarak jauh tanpa memerlukan baterai. Tetapi, antena mikrostrip memiliki

kekurangan yaitu bandwidth yang sempit dan *gain* yang relatif rendah. Menentukan frekuensi resonansi yang tepat menjadi salah satu tantangan dalam perancangan antena mikrostrip. Antena akan beresonansi pada frekuensi yang diinginkan apabila panjang dan lebar *patch* ditentukan secara tepat. Tantangan lain dalam merancang antena yang efisien meliputi pemilihan jenis antena yang sesuai dengan aplikasinya dari berbagai desain yang tersedia (*Priyanka et al.*, 2024).

Penelitian ini memberikan rekayasa kombinasi untuk antena mikrostrip pada pita frekuensi C-Band. Terdapat beberapa pita frekuensi yang tersedia, salah satunya adalah C-Band dengan rentang frekuensi 4 GHz sampai dengan 8 GHz. Frekuensi ini banyak digunakan dalam komunikasi satelit, sistem radar, serta jaringan telekomunikasi untuk menawarkan layanan dengan jangkauan yang luas dan kualitas sinyal yang stabil (*Rizqa et al.*, 2020). Frekuensi C-Band banyak digunakan dan diandalkan pada kinerjanya. Karakteristik C-Band sangat cocok untuk daerah yang sering mengalami gangguan cuaca karena memiliki ketahanan yang besar terhadap cuaca buruk. Oleh sebab itu, frekuensi C-Band menjadi Solusi terutama pada kondisi lingkungan yang menantang. Maka dari itu antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi C-Band menjadi usulan inovasi. (*Allun et al.*, 2024). Penelitian terkini memperkuat potensi antena mikrostrip sebagai sensor kadar air yang efektif. Sebagaimana dijelaskan oleh (*Priyanka et al.*, 2024), sensor antena mikrostrip pada substrat FR4 menawarkan solusi biaya rendah untuk mendeteksi kadar air pada produk pertanian dan makanan tanpa memerlukan baterai eksternal. Secara spesifik pada frekuensi kerja 5.8 GHz, (*Muntoni et al.*, 2024) membuktikan bahwa antena mikrostrip mampu berfungsi sebagai sensor *microwave* yang sensitif, di mana parameter *return loss* dan fase sinyal mengalami perubahan yang konsisten seiring dengan variasi kadar air pada objek uji. Selain itu, (*Widodo*, 2024) menekankan bahwa penerapan desain *U-Patch* pada frekuensi C-Band terbukti mampu meningkatkan *bandwidth* dan kinerja antena secara keseluruhan, yang merupakan faktor krusial dalam menjaga stabilitas pembacaan sensor. Berdasarkan PM Kominfo Nomor 27 Tahun 2009 dijelaskan bahwa pemerintah Indonesia menetapkan pita frekuensi radio 5,8 GHz (sekitar 5725 MHz – 5825 MHz) untuk keperluan layanan pita lebar nirkabel (*Wireless Broadband Access/BWA*) dengan moda TDD. Dalam peraturan ini, penggunaan frekuensi tersebut diatur secara

bersama (shared) dan setiap perangkat harus mematuhi ketentuan teknis yang berlaku.

Berbagai teknik telah diterapkan untuk mengatasi keterbatasan antena mikrostrip, termasuk modifikasi struktur antena melalui penerapan *Defected Ground Structure* (DGS). Pada penelitian (*Malik, 2024*) membahas tentang Antena Mikrostrip yang dikombinasi oleh Circular Loads dengan DGS untuk meningkatkan *bandwidth* mendapatkan hasil pengujian bahwa nilai *bandwidth* mengalami kenaikan menjadi 2246 MHz pada pengukuran secara langsung, hal ini dapat membuktikan bahwa DGS menjadi salah satu cara untuk meningkatkan *bandwidth*. Antena mikrostrip dengan penambahan DGS dan elemen parasitic yang digunakan pada frekuensi C-Band mampu memperlebar *bandwidth* dan meningkatkan *gain* serta menghasilkan pola radiasi dengan beamwidth yang terarah (*Rusdiyanto et al., 2025*).

Pada penelitian (*Oliveira et al., 2020*) yang pertama dijelaskan bahwa penggunaan CSRR meningkatkan sensitivitas terhadap perubahan permitivitas medium disekitarnya, sehingga mendukung penggunaannya dalam desain sensor yang diusulkan. Pada antena mikrostrip *circular patch* tanpa CSRR bekerja pada frekuensi resonansi 3.1GHz, sedangkan dengan penambahan CSRR pergeseran resonansi pertama di 2.26GHz dan frekuensi resonansi kedua 3.5GHz, Perubahan terjadi akibat CSRR yang memodifikasi distribusi medan pada *patch* sehingga resonansi berpindah dan menghasilkan dua puncak resonansi yang dapat dimanfaatkan untuk sensing. *Complementary Split Ring Resonator* juga mampu meningkatkan efisiensi antena seperti pada penelitian (*Khairunnisa, 2020*), dikatakan bahwa terjadi kenaikan *bandwidth* 68.18%, kenaikan *return loss* 57.93%, dan kenaikan VSWR 25.54%.

Pada penelitian (*Islam et al., 2024*) dijelaskan bahwa mekanisme sensing antena berkaitan dengan perubahan karakteristik gelombang yang dipantulkan seperti frekuensi pusat, *return loss*, fase, dan kekuatan sinyal yang diterima/terpantul ketika terkena target pengukuran. Pada penelitian (*Shoaib et al., 2025*), menjelaskan bahwa perubahan pH air menyebabkan variasi parameter antena termasuk *return loss* dan VSWR, yang digunakan sebagai indikator perubahan sifat media yang diukur. Berdasarkan penelitian, antena dapat dijadikan

sebagai sensor dan dalam aplikasi sebagai sensor parameter antena seperti *return loss* dan frekuensi resonansi tidak digunakan sebagai batasan mutlak kinerja, melainkan dimanfaatkan sebagai indikator dinamika sensor, yaitu perubahan nilai parameter tersebut digunakan untuk merepresentasikan perubahan kondisi atau karakteristik objek yang diukur.

Antena yang dikembangkan dapat difungsikan untuk sensor *microwave* dan berdasarkan penelitian terdahulu dan sumber literasi, didapatkan bahwa penambahan metamaterial CSRR pada antena mikrostrip dapat meningkatkan *bandwidth*, *return loss*, dan *VSWR*. Begitu pula dengan Teknik DGS, Teknik tersebut pada beberapa penelitian dapat meningkatkan *bandwidth*. Maka dari itu, peneliti melakukan pengembangan antena mikrostrip U-Patch pada frekuensi C-Band dengan frekuensi kerja di 5.8GHz dengan kombinasi metamaterial CSRR dan Teknik DGS diharapkan mampu meningkatkan kinerja antena seperti *bandwidth*, *return loss*, *VSWR*, dan *gain* pada mikrostrip U-Patch.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, beberapa masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip memiliki *bandwidth* dan *gain* yang terbatas pada frekuensi tinggi C-Band.
2. Frekuensi C-Band banyak digunakan sehingga membutuhkan antena dengan performa tinggi
3. Teknik modifikasi antena, seperti DGS dan metamaterial CSRR telah terbukti secara terpisah mampu meningkatkan kinerja antena mikrostrip, namun kombinasi kedua teknik tersebut masih belum dieksplorasi.
4. Antena mikrostrip memiliki keunggulan seperti bentuk yang ringkas dan biaya yang rendah, kinerja dasarnya belum optimal.
5. Desain antena mikrostrip konvensional belum mampu memenuhi kebutuhan *bandwidth* lebar dan *gain* tinggi secara bersamaan.

1.3. Pembatasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian tetap terarah dan fokus, batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dibatasi pada frekuensi kerja 5.8GHz yang berada dalam rentang C-Band.
2. Teknik yang diterapkan untuk peningkatan kinerja antena terbatas pada penggunaan DGS dan CSRR.
3. Pengujian dilakukan melalui simulasi dengan perangkat lunak CST Studio Suite dan fabrikasi.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah yang telah disampaikan, perumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang Metamaterial CSRR dan DGS dapat meningkatkan kinerja seperti *Bandwidth*, *Return loss*, *VSWR*, dan *Gain* pada antena mikrostrip U-patch di frekuensi 5.8GHz?
2. Bagaimana simulasi pengujian kinerja seperti *Bandwidth*, *Return loss*, *VSWR*, dan *Gain* antena mikrostrip setelah penerapan kombinasi teknik DGS dan CSRR?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan kombinasi Metamaterial CSRR dan DGS untuk meningkatkan kinerja pada antena mikrostrip U-patch frekuensi C-Band 5.8GHz.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu tentang penerapan DGS dan metamaterial CSRR untuk meningkatkan kinerja antena mikrostrip, terutama pada frekuensi C-Band.
2. Memberikan manfaat di bidang telekomunikasi dan sensor untuk meningkatkan kinerja antena mikrostrip.

3. Pengembangan antena yang lebih efisien dapat mendukung pengembangan sensor yang lebih andal dan berkinerja tinggi, terutama pada frekuensi C-Band.

