

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air tanah di wilayah pesisir semakin terancam oleh intrusi air laut, yaitu masuknya air laut ke dalam akuifer yang meningkatkan kadar garam dan menurunkan kualitas air tanah. Kondisi ini dapat dipicu oleh ketidakseimbangan antara air tawar dan air laut, terutama akibat pengambilan air tanah yang berlebihan [1]. Studi menunjukkan bahwa hingga 77% wilayah pesisir berpotensi terdampak intrusi air laut pada tahun 2100 [2]. Salinitas merupakan ukuran massa garam terlarut dalam suatu massa larutan [3]. Oleh karena itu, pemantauan salinitas diperlukan untuk mendeteksi perubahan kualitas air dan mendukung pengelolaan sumber daya air di wilayah pesisir.

Air laut mengandung berbagai jenis garam terlarut dan bukan merupakan larutan natrium klorida (NaCl) murni. Namun, ion Na^+ dan Cl^- merupakan komponen dominan yang mencakup sekitar 85,69% dari komposisi referensi garam laut [4]. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan larutan NaCl sebagai model salinitas yang terkontrol agar konsentrasinya dapat ditentukan secara konsisten berdasarkan massa. Variabel yang diuji merupakan konsentrasi NaCl sebesar 0–60 *parts per thousand* (ppt), sehingga hasil penelitian menggambarkan respons sensor terhadap larutan NaCl dan tidak secara langsung mewakili seluruh komposisi ion air laut alami.

Pengukuran salinitas dapat dilakukan melalui titrasi klorinitas, pengukuran *Total Dissolved Solids* (TDS), dan konduktivitas listrik [3], [5], [6]. Metode tersebut mampu memberikan hasil yang baik, tetapi sebagian memerlukan proses laboratorium dan waktu analisis [3], [5]. Hasil pengukuran juga dapat dipengaruhi oleh suhu dan jenis ion yang terdapat dalam larutan [3], [6]. Keterbatasan ini mendorong pengembangan metode pengukuran yang lebih ringkas, cepat, dan tidak merusak sampel.

Sensor berbasis gelombang mikro atau *microwave sensing* dapat digunakan untuk mengukur larutan dengan memanfaatkan perubahan sifat dielektrik material. Ketika konsentrasi garam berubah, sifat dielektrik dan konduktivitas larutan juga berubah sehingga memengaruhi respons struktur yang digunakan sebagai sensor [7], [8], [9], [10]. Antena mikrostrip sesuai untuk kebutuhan tersebut karena memiliki bentuk tipis, ukuran ringkas, dan mudah dibuat. Perubahan larutan di sekitar bagian peradiasi antena dapat diamati melalui perubahan frekuensi resonansi dan S_{11} [8], [9], [10].

Sering kali struktur resonan bekerja pada satu pita frekuensi atau *single-band*, sehingga informasi yang diperoleh hanya berasal dari satu titik frekuensi. Sifat dielektrik suatu material dapat memberikan respons yang berbeda pada

frekuensi yang berbeda [11], [12]. Karena itu, pengamatan pada satu frekuensi tidak menunjukkan perubahan material pada frekuensi lainnya. Antena *multiband* menjadi relevan karena mampu menghasilkan beberapa frekuensi resonansi dalam satu struktur. Dengan beberapa pita resonansi, respons material dapat diamati dan dibandingkan pada beberapa titik frekuensi tanpa menggunakan antena yang berbeda untuk setiap frekuensi [11], [12]. Untuk menghasilkan karakteristik *multiband* pada antena mikrostrip, bagian peradiasi atau *patch* dapat dimodifikasi dengan menambahkan celah atau *slot* [13], [14], [15]. Penambahan *slot* mengubah jalur arus pada permukaan antena dan dapat membuat jalur tersebut menjadi lebih panjang. Perubahan jalur arus memengaruhi frekuensi resonansi dan dapat menghasilkan lebih dari satu resonansi dalam satu antena [14], [15]. Pengaruh *slot* terhadap antena bergantung pada bentuk, ukuran, jumlah, dan posisinya [13], [14], [15].

Beberapa bentuk *slot* telah digunakan untuk menghasilkan antena dengan beberapa pita frekuensi [13], [16], [17], [18]. *U-shaped slot* dapat menghasilkan dua atau tiga pita resonansi pada satu *patch* [16]. *Rectangular slot* juga dapat digunakan untuk membentuk karakteristik *multiband* [17]. Penggunaan beberapa *slot* dalam satu struktur memberikan lebih banyak bagian geometri yang dapat diatur untuk membentuk beberapa resonansi [18]. Atas dasar tersebut, penelitian ini menggunakan gabungan *U-shaped slot* dan *rectangular slot* sebagai struktur *multi-slot*.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi NaCl dapat diamati melalui perubahan karakteristik resonansi sensor gelombang mikro. Lee *et al.* [19] menguji larutan NaCl 20–35 ppt menggunakan sensor mikrostrip pada frekuensi di bawah 3 GHz dan memperoleh resolusi 0,01 ppt. Zhu *et al.* [10] menguji larutan NaCl 5–35 ppt pada frekuensi sekitar 1,37 GHz dan menghasilkan sensitivitas maksimum sebesar 0,367 kHz/(mg/L). Sementara itu, Harnsoongnoen dan Wanthong [7] menggunakan empat frekuensi resonansi pada rentang 0,5–2,2 GHz untuk mengukur beberapa jenis larutan garam dengan konsentrasi 40–200 mg/mL. Jasim *et al.* [20] mengembangkan sensor mikrostrip berbasis *single complementary split-ring resonator* (SC-SRR) untuk menguji larutan salin 0–100 ppt.

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa sensor gelombang mikro dapat digunakan untuk mengamati perubahan konsentrasi larutan garam. Namun, pada penelitian-penelitian tersebut belum dikaji secara khusus perbedaan perubahan frekuensi resonansi, nilai minimum S_{11} , dan *Q-factor* pada tiga pita yang dibentuk oleh gabungan *U-shaped slot* dan *rectangular slot* dalam satu antena terhadap larutan NaCl nominal 0–60 ppt. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan antena mikrostrip *multiband* dengan struktur *multi-slot* untuk membandingkan perubahan ketiga parameter pada setiap pita. Kinerja masing-masing parameter dan pita kemudian dievaluasi berdasarkan linearitas, sensitivitas, galat kalibrasi internal, dan presisi repetisi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *U-shaped slot* dan *rectangular slot* dalam struktur *multi-slot* terhadap terbentuknya karakteristik *multiband* pada antenna mikrostrip?
2. Bagaimana variasi konsentrasi larutan NaCl memengaruhi frekuensi resonansi, S_{11} minimum, dan *Q-factor* pada setiap pita, serta bagaimana kinerja parameter tersebut berdasarkan linearitas, sensitivitas, akurasi, dan presisi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan *U-shaped slot* dan *rectangular slot* dalam struktur *multi-slot* terhadap terbentuknya karakteristik *multiband* pada antenna mikrostrip.
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi larutan NaCl terhadap frekuensi resonansi, S_{11} minimum, dan *Q-factor* pada setiap pita, serta mengevaluasi kinerja parameter tersebut berdasarkan linearitas, sensitivitas, akurasi, dan presisi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Antena menggunakan substrat *Flame Retardant-4* (FR-4) berukuran 50 mm × 50 mm.
2. Analisis dilakukan pada rentang frekuensi 0,5–3,0 GHz dan difokuskan memiliki beberapa pita resonansi yang dihasilkan antenna.
3. Simulasi menggunakan perangkat lunak *CST Studio Suite 2025*.
4. Sampel uji berupa larutan natrium klorida (NaCl) dengan konsentrasi 0–60 ppt dan interval 10 ppt.
5. Larutan ditempatkan dalam wadah berbahan polietilen (PE), dengan massa setiap sampel sebesar 5 g.
6. Pengukuran antenna hasil fabrikasi dilakukan menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) MegiQ VNA 0440 pada rentang frekuensi 0,4–4,0 GHz.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan pemahaman mengenai penggunaan struktur *multi-slot* untuk menghasilkan antenna mikrostrip *multiband*.
2. Memberikan kajian mengenai perubahan frekuensi resonansi, S_{11} minimum, dan *Q-factor* akibat perubahan konsentrasi larutan NaCl.
3. Menjadi referensi bagi pengembangan sensor salinitas berbasis antenna mikrostrip yang ringkas dan dapat bekerja pada beberapa pita frekuensi.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan landasan teori yang mendukung proses perancangan dan pelaksanaan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian serta metode yang digunakan dalam proses perancangan dan pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh beserta analisis dan pembahasan terhadap data tersebut.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

