

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Larutan gula memiliki peranan yang sangat penting dalam industri makanan dan pangan karena tidak hanya berfungsi sebagai pemanis, tetapi juga sebagai komponen penentu karakteristik mutu dan kestabilan produk. Pada berbagai produk seperti minuman, sirup, selai, saus, produk *bakery*, serta olahan buah, konsentrasi gula berpengaruh langsung terhadap tingkat kemanisan, viskositas, tekstur, dan konsistensi cita rasa antar *batch*. Selain itu, gula juga berkontribusi terhadap kestabilan produk melalui pengaruhnya terhadap aktivitas air, yang berkaitan erat dengan daya simpan dan keamanan pangan. Oleh karena itu, pengendalian konsentrasi larutan gula menjadi bagian penting dalam proses *quality control* dan standarisasi produksi pangan [1] [2].

Pengukuran konsentrasi gula secara konvensional umumnya dilakukan menggunakan refraktometer terutama dalam satuan °Brix. Metode ini telah menjadi standar dalam industri pangan karena sederhana dan cukup akurat. Namun demikian, metode tersebut memerlukan kontak langsung dengan sampel, sensitif terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, gelembung udara, dan kontaminan, serta kurang ideal untuk pemantauan secara *real-time* dan kontinu dalam sistem produksi modern [3]. Keterbatasan tersebut mendorong pengembangan metode alternatif berbasis sifat elektromagnetik material yang memungkinkan pengukuran cepat, *non-contact* [4].

Secara elektromagnetik, perubahan konsentrasi gula memengaruhi nilai permitivitas kompleks larutan, yang terdiri dari konstanta dielektrik dan faktor rugi [5]. Hal ini terjadi karena perubahan komposisi gula-air memengaruhi distribusi molekul air bebas dan air terikat, sehingga memengaruhi mekanisme relaksasi dielektrik pada rentang frekuensi radio hingga gelombang mikro. Pada penelitian [6] menunjukkan bahwa larutan sukrosa memiliki karakteristik permitivitas yang berubah secara signifikan terhadap variasi konsentrasi pada rentang frekuensi microwave, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengembangan sensor berbasis gelombang mikro.

Perubahan permitivitas suatu material akan memengaruhi interaksi gelombang elektromagnetik pada struktur resonan, termasuk pergeseran frekuensi resonansi, perubahan nilai S_{11} , *bandwidth*, dan impedansi masukan. Dalam hal ini, antenna mikrostrip dapat difungsikan sebagai sensor *microwave* karena parameter resonansinya sangat dipengaruhi oleh permitivitas efektif medium di sekitar *patch*. Penggunaan antenna mikrostrip sebagai sensor permitivitas telah banyak dikembangkan karena memiliki keunggulan berupa ukuran yang kompak, biaya fabrikasi rendah, dan kemudahan integrasi dengan sistem elektronik. Selain itu,

sensor berbasis *microwave* memiliki potensi sebagai metode *non-destruktif* dan dapat dirancang dalam konfigurasi non-kontak dengan menggunakan wadah tipis atau sistem mikrofluida [7].

Untuk meningkatkan sensitivitas dan fleksibilitas pengukuran, antenna mikrostrip *multiband* menjadi sebuah alternatif. Berbeda dengan antenna *single band* yang hanya menyediakan satu titik resonansi, antenna *multiband* memungkinkan pengamatan respons sampel pada beberapa frekuensi kerja secara simultan. Dengan demikian, pola perubahan resonansi akibat variasi konsentrasi gula dapat dianalisis lebih komprehensif, sehingga meningkatkan peluang akurasi pengukuran [8].

Pembuatan *multiband* pada antenna mikrostrip dapat direalisasikan melalui teknik penambahan slot pada *patch*. Slot seperti *C-slot* dan *rectangular slot* mampu menciptakan lintasan arus tambahan yang menghasilkan mode resonansi baru tanpa meningkatkan dimensi antenna secara signifikan. Selain untuk menghasilkan *multiband*, slot juga dapat digunakan untuk melakukan *tuning* frekuensi resonansi dan pencocokan impedansi [9] [10] [11]. Di sisi pencatutan, teknik *inset feed* merupakan metode yang umum digunakan untuk meningkatkan impedance matching dengan mengatur kedalaman *inset* sehingga impedansi masukan mendekati 50 Ω . Dengan pencocokan impedansi yang baik, perubahan parameter akibat interaksi dengan sampel dapat diamati lebih jelas melalui parameter S_{11} [12].

Meskipun penelitian mengenai sifat dielektrik larutan sukrosa dan sensor *microwave* berbasis antenna mikrostrip telah banyak dilakukan [13] [14], [15], sebagian besar masih berfokus pada desain *single band* atau belum mengoptimalkan struktur *multiband* dengan kombinasi *multi-slot* yang spesifik untuk meningkatkan sensitivitas terhadap variasi konsentrasi gula. Selain itu, implementasi kombinasi *C-slot*, *rectangular slot*, dan *inset feed* pada antenna *circular patch* sebagai sensor larutan gula masih relatif terbatas dalam literatur. Oleh karena itu, masih terdapat kebutuhan perancangan dan evaluasi antenna mikrostrip *multiband circular patch* dengan kombinasi *multi-slot* dan *inset feed* yang dioptimalkan khusus untuk meningkatkan sensitivitas dan keterbacaan perubahan konsentrasi larutan gula melalui parameter frekuensi resonansi dan S_{11} .

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja antenna mikrostrip *multiband circular patch* menggunakan kombinasi *C-slot*, *rectangular slot*, dan *inset feed* sebagai sensor untuk mendeteksi variasi konsentrasi larutan gula pada rentang frekuensi 0,5 GHz hingga 3 GHz. Parameter yang dianalisis meliputi S_{11} , frekuensi resonansi, *Q-factor*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sensor *microwave* yang kompak, sensitif.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi larutan gula terhadap karakteristik parameter antenna mikrostrip sehingga dapat mendeteksi konsentrasi larutan gula?
2. Bagaimana pengaruh penerapan *multi-slot* dan *inset feed* terhadap karakteristik parameter antenna mikrostrip dalam mendeteksi konsentrasi larutan gula?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah:

1. Merancang antenna mikrostrip dengan penerapan *multi-slot* dan *inset feed* sehingga mampu menghasilkan beberapa resonansi pada rentang frekuensi 0,5 GHz hingga 3 GHz.
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi larutan gula terhadap perubahan karakteristik parameter antenna mikrostrip, sehingga dapat digunakan sebagai indikator dalam mendeteksi konsentrasi larutan gula.
3. Menganalisis pengaruh penerapan metode *multi-slot* dan *inset feed* terhadap karakteristik parameter antenna mikrostrip dalam mendeteksi konsentrasi larutan gula.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Antena mikrostrip dirancang dapat beroperasi pada beberapa pita frekuensi dalam rentang 0,5 hingga 3 GHz.
2. Pengujian antena dilakukan menggunakan larutan gula 5 gram dengan variasi konsentrasi dari 0% hingga 30% dengan interval sebesar 5%.
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk perancangan dan simulasi adalah CST Studio Suite 2024.
4. Pengujian antena dilakukan menggunakan instrumen *Vector network analyzer* (VNA) tipe MegiQ VNA 0440 dengan rentang frekuensi 0,4 GHz sampai dengan 4,0 GHz.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini diharapkan:

1. Menjelaskan konsep antenna mikrostrip *multiband* dalam mendeteksi konsentrasi larutan gula melalui penerapan metode *multi-slot* dan *inset feed*.
2. Dapat dijadikan dasar dalam proses fabrikasi antenna mikrostrip *multiband* berbasis *multi-slot* dan *inset feed* yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi larutan gula.

3. Menjadi acuan dalam pengembangan antena mikrostrip *multiband* dengan metode *multi-slot* dan *inset feed* untuk memperoleh kinerja yang lebih optimal.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah 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 teori-teori dasar yang menjadi landasan dalam perancangan dan penyusunan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil penelitian disertai dengan analisis dan pembahasan terkait.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

