

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, fabrikasi, serta pengujian antenna mikrostrip rectangular patch 2,4 GHz dengan penambahan struktur *triple complementary split ring resonator (CSRR)* pada groundplane sebagai sensor untuk mendeteksi kemurnian susu, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Antena mikrostrip berhasil dirancang, direalisasikan, dan beroperasi pada frekuensi kerja sekitar 2,4 GHz sesuai dengan spesifikasi perancangan.
2. Terjadi pergeseran frekuensi resonansi dari 2,4 GHz (simulasi) menjadi 2,40464 GHz (fabrikasi), dengan deviasi sebesar 4,64 MHz yang dipengaruhi oleh toleransi dimensi, variasi konstanta dielektrik substrat FR4, serta faktor pengukuran.
3. Nilai return loss berubah dari -28,85 dB (simulasi) menjadi -18,11 dB (fabrikasi), yang mengindikasikan adanya peningkatan rugi-rugi dan ketidaksesuaian impedansi akibat kondisi realisasi.
4. Nilai VSWR meningkat dari 1,074 menjadi 1,283, yang menunjukkan penurunan kualitas pencocokan impedansi, namun masih berada dalam batas layak ( $VSWR < 2$ ).
5. Nilai Q Factor mengalami penurunan dari 321,66 menjadi 100,58, yang mengarah pada peningkatan bandwidth namun penurunan ketajaman resonansi akibat rugi-rugi material dan proses fabrikasi.
6. Antena bekerja sebagai sensor melalui perubahan konstanta dielektrik medium, yang ditunjukkan oleh pergeseran frekuensi resonansi serta perubahan parameter return loss, VSWR, dan Q Factor terhadap variasi konsentrasi larutan susu.
7. Variasi konsentrasi susu menyebabkan pergeseran frekuensi resonansi dari 2,40160 GHz menjadi 2,38128 GHz, serta perubahan parameter antenna lainnya, yang menandakan bahwa antenna memiliki sensitivitas terhadap perubahan kemurnian susu.
8. Hasil pengujian berdasarkan posisi menunjukkan bahwa posisi Kanan Atas memiliki sensitivitas respon yang paling tinggi terhadap perubahan konsentrasi, ditunjukkan oleh pola perubahan parameter yang lebih jelas dibandingkan posisi lainnya. Sementara itu, posisi lain seperti Kiri Atas, Kiri Bawah, dan Tengah menunjukkan respon yang lebih stabil dan digunakan sebagai pembanding dalam analisis.
9. Secara keseluruhan, antenna mikrostrip dengan struktur triple CSRR menunjukkan potensi sebagai sensor kemurnian susu, dengan kemampuan mendeteksi perubahan parameter akibat variasi konsentrasi, meskipun terdapat trade-off antara sensitivitas dan kestabilan pada posisi pengujian.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Proses fabrikasi antena perlu ditingkatkan dengan tingkat presisi yang lebih tinggi, terutama pada tahap pencetakan dan penyolderan konektor SMA, untuk mengurangi rugi-rugi konduktor dan ketidaksesuaian dimensi.
2. Penggunaan material substrat dengan kualitas lebih baik, seperti Rogers atau Duroid, disarankan untuk meningkatkan performa antena serta mengurangi rugi-rugi dielektrik.
3. Perlu dilakukan pengulangan pengujian (replikasi) pada setiap variasi konsentrasi untuk meningkatkan validitas data serta memungkinkan analisis statistik yang lebih kuat.
4. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan desain antena dengan optimasi struktur CSRR untuk meningkatkan sensitivitas terhadap perubahan konstanta dielektrik.
5. Pengujian lebih lanjut perlu dilakukan pada kondisi lingkungan yang bervariasi, seperti perubahan suhu dan kelembapan, untuk mengevaluasi kestabilan sensor dalam kondisi nyata.
6. Disarankan untuk mengembangkan sistem sensor berbasis antena ini ke dalam bentuk sistem monitoring real-time berbasis digital atau IoT, sehingga dapat diaplikasikan secara praktis pada industri pangan.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan teknologi sensor berbasis antena mikrostrip dalam bidang pengujian kualitas bahan pangan secara non-destruktif.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. Shakib et al., "Measurement of a compact Boomarang-shaped microstrip antenna for wireless sensor network applications," *Cognitive Systems Research*, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.COGSYS.2021.03.002.
- [2] A. Poonia, A. Jha, R. Sharma, H. B. Singh, A. K. Rai, and N. Sharma, "Detection of adulteration in milk: A review," *International Journal of Dairy Technology*, Feb. 2017, doi: 10.1111/1471-0307.12274.
- [3] Y. Khanna and Y. K. Awasthi, "Dual-Band Microwave Sensor for Investigation of Liquid Impurity Concentration Using a Metamaterial Complementary Split-Ring Resonator," *Journal of Electronic Materials*, Jan. 2020, doi: 10.1007/S11664-019-07761-Y.
- [4] Md. S. Rana, A. Mallik Avi, S. Hossain, S. Biswas Rana, A. A. Habib, and Md. M. Rahman, "Design and Performance Analysis of Rectangular Microstrip Patch Antenna for Wireless Applications," Dec. 2022. doi: 10.1109/I4C57141.2022.10057907.
- [5] S. U. Nafisah, A. A. Pramudita, dan Edwar, "Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip untuk Mendeteksi Glukosa Dalam Sebuah Produk," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 3433–3438, Des. 2022.
- [6] H. Amar, H. Ghodbane, M. Amir, M. A. Zidane, C. Hamouda, and A. Rouane, "Microstrip sensor for product quality monitoring," *Journal of Computational Electronics*, Sep. 2020, doi: 10.1007/S10825-020-01517-2.
- [7] V. E. S. Silva, D. D. Costa, F. S. M. Sinfrônio, and A. K. Barros, "Application of Dielectric Constant for Identification of Dilution in Raw Milk," Jan. 2021, doi: 10.18178/JOAAT.8.1.25-29.
- [8] S. M. Norzeli, I. Ismail, N. M. Din, M. T. Ali, A. A. Almisreb, and A. A. Alkahtani, "A rectangular CSRR based microstrip UHF reader patch antenna for RFID applications," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, Mar. 2020, doi: 10.11591/IJEECS.V17.I3.PP1434-1441.
- [9] V. J. Murthy, N. S. Kiranmai, dan S. Kumar, "Study of dielectric properties of adulterated milk concentration and freshness," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 225, p. 012285, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/225/1/012285.
- [10] J. Lee and A. Ciccomancini Scogna, "Antenna device and electronic device comprising antenna device," Aug. 01, 2019
- [11] N. M. Ravindra, "Antennas," 2022. doi: 10.1016/b978-0-08-102812-4.00016-4.
- [12] L. Jing and L. Xiaoming, "Antenna work method and mobile terminal," Nov. 16, 2018