

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan energi listrik terus meningkat. Sementara itu, keterbatasan sumber energi terus berlanjut. Akibatnya, segala bentuk pengembangan teknologi dan pemanfaatan sumber energi baru terbarukan terus diupayakan [1]. Wilayah Kepulauan Riau adalah daerah kepulauan yang memiliki banyak aktivitas komunikasi nirkabel, sehingga infrastruktur komunikasi berbasis gelombang radio menjadi sangat penting. Semakin banyak perangkat komunikasi yang digunakan, maka semakin banyak pula gelombang *Radio Frekuensi* (RF) yang ada di lingkungan sekitar [2]. Energi RF ini selalu ada karena berasal dari berbagai sistem komunikasi yang digunakan setiap hari. Oleh karena itu, energi RF memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, terutama untuk perangkat elektronik berdaya rendah seperti sensor dan perangkat IoT [3].

Radio Frequency (RF) merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam komunikasi nirkabel [4]. Gelombang RF ini tersebar di lingkungan akibat banyaknya perangkat komunikasi nirkabel, seperti BTS, jaringan *Wi-Fi*, dan sistem seluler [5]. Gelombang elektromagnetik ini menyimpan energi, namun sebagian besar energi RF yang ada di lingkungan masih belum dimanfaatkan secara efektif dan sering kali terbuang begitu saja ke lingkungan sekitar [6].

Pendekatan *RF Energy Harvesting* (RF-EH) merupakan metode untuk menangkap energi RF di sekitar kita dan kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk aplikasi berdaya rendah [7], seperti sensor nirkabel, perangkat IoT atau sumber daya cadangan di sistem portable [8]. Dalam sistem *RF Energy Harvesting*, salah satu komponen utama adalah antena yang berperan menangkap gelombang RF dari lingkungan serta mengarahkan energi ini ke rangkaian konversi energi (*Rectifier*) untuk diubah menjadi energi listrik DC [9].

Antena mikrostrip merupakan salah satu pilihan desain antena yang populer karena keunggulannya seperti ukuran yang relatif kecil, bentuk tipis, mudah

diperoleh, ringan, dan mudah untuk difabrikasi pada, sehingga cocok digunakan untuk aplikasi praktis yang memerlukan integrasi sistem dengan PCB (*Printed Circuit Board*) [10]. Selain itu, antenna mikrostrip mudah dibentuk untuk berbagai karakteristik frekuensi dan pola radiasi sehingga sesuai untuk kebutuhan perancangan antenna dalam berbagai aplikasi RF [11].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji antenna mikrostrip *multiband* untuk aplikasi RF *energy harvesting* dengan berbagai pendekatan desain. Namun, variasi metode yang digunakan menunjukkan bahwa masih terdapat peluang pengembangan dalam perancangan antenna, khususnya dalam mengatur frekuensi kerja dan konfigurasi elemen antenna agar lebih terarah serta karakteristiknya mudah dianalisis.

Permasalahan lain adalah kebutuhan akan antenna yang mampu bekerja pada beberapa pita frekuensi sekaligus, mengingat sumber RF di lingkungan memenuhi berbagai pita komunikasi. Oleh karena itu, antenna yang digunakan dalam sistem RF *energy harvesting* idealnya mampu bekerja pada lebih dari satu frekuensi atau bersifat *multiband*, sehingga potensi energi RF yang dapat ditangkap menjadi lebih [12]. Pernyataan ini juga didukung oleh Yi-Chen Lee dkk [12], yang membahas tentang pengembangan sistem *multiband ambient RF energy harvesting* pada bagian front-end untuk aplikasi IoT berkelanjutan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sistem *multiband*, khususnya pada antenna, lebih efektif dalam meningkatkan ketersediaan dan penangkapan energi RF dibandingkan dengan sistem *single-band*, karena mampu memanfaatkan energi yang tersebar pada berbagai pita frekuensi di lingkungan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengusulkan antenna mikrostrip *multiband* multi-elemen, di mana setiap elemen dirancang untuk bekerja pada satu frekuensi 900 MHz, 1,8 GHz, dan 2,4 GHz dalam satu substrat. Pendekatan ini memungkinkan karakteristik masing-masing elemen dianalisis secara lebih spesifik serta memberikan fleksibilitas dalam perancangan antenna.

Penelitian ini difokuskan pada tahap rancang bangun antenna, meliputi perancangan, simulasi, fabrikasi hingga pengujian antenna sebagai bagian awal dari sistem RF *energy harvesting*, yaitu pada tahap penerimaan energi gelombang radio dari lingkungan. Meskipun belum mencakup rangkaian penyearah, antenna tetap

menjadi komponen utama yang menentukan keberhasilan dalam menangkap energi RF.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan utama dalam penelitian ini Adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang antenna mikrostrip *multiband* multi-elemen pada frekuensi 900 MHz, 1,8 GHz, dan 2,4 GHz?
2. Bagaimana kinerja antenna yang dihasilkan berdasarkan simulasi menggunakan CST Studio Suite?
3. Bagaimana proses fabrikasi antenna yang telah dirancang agar sesuai dengan hasil simulasi?
4. Bagaimana kinerja antenna hasil fabrikasi berdasarkan hasil pengukuran menggunakan Nano VNA?
5. Bagaimana potensi antenna yang dirancang untuk digunakan sebagai antenna penerima pada sistem RF *energy harvesting*?

C. Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan sesuai dengan keterbatasan waktu, metode, serta ruang lingkup penelitian, maka btasan penelitian ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada perancangan, simulasi, dan realisasi antenna mikrostrip *multiband* multi-elemen sebagai antenna penerima pada sistem RF *energy harvesting*.
2. Frekuensi kerja antenna yang dikaji dibatasi pada pita frekuensi 900 MHz, 1,8 GHz, dan 2,4 GHz yang umum terdapat di lingkungan sekitar.
3. Substrat antenna yang digunakan dibatasi pada material FR-4 dengan parameter material yang dianggap konstan.
4. Parameter kinerja antenna yang dianalisis meliputi *return loss*, VSWR, dan *gain*.
5. Penelitian ini tidak mencakup perancangan dan optimasi rangkaian rectifier serta sistem manajemen daya, melainkan hanya difokuskan pada

karakteristik antena.

6. Pengujian antena dibatasi pada hasil simulasi dan pengukuran dasar antena, tanpa melakukan pengujian permanen energi RF secara nyata di lapangan.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah sebelumnya maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang antena mikrostrip *multiband* multi-element yang bekerja pada pita frekuensi 900 MHz, 1,8 GHz, dan 2,4 GHz.
2. Menganalisis kinerja antena yang dirancang berdasarkan hasil simulasi menggunakan CST Studio Suite.
3. Memfabrikasikan antena mikrostrip sesuai dengan desain yang telah dibuat.
4. Mengukur dan mengevaluasi kinerja antena hasil fabrikasi menggunakan Nano VNA.
5. Menganalisis potensi antena yang dibuat sebagai antena penerima pada sistem RF *energy harvesting* berdasarkan hasil pengukuran menggunakan Nano VNA.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis/Ilmiah
 - a. Menambah khazanah ilmu pengetahuan di bidang teknik elektro, khususnya dalam perancangan dan analisis antena mikrostrip *multiband* berbasis multi-elemen untuk aplikasi RF *energy harvesting*.
 - b. Menjadi referensi atau bahan acuan bagi mahasiswa dan peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan penelitian terkait antena *multiband*, antena mikrostrip, maupun sistem pemanenan energi RF.
 - c. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bentuk dokumentasi desain, simulasi, dan hasil fabrikasi antena yang dapat digunakan sebagai pembandingan dengan penelitian sejenis.
2. Manfaat Praktis/Teknologi

- a. Memberikan gambaran dan solusi desain antena mikrostrip *multiband* yang relatif sederhana dan mudah difabrikasikan menggunakan substrat FR-4.
 - b. Menjadi dasar pengembangan tahap lanjutan sistem RF *energy harvesting*, khususnya pada bagian antena sebagai penerima energi gelombang radio.
 - c. Dapat dimanfaatkan sebagai referensi teknis awal dalam pengembangan perangkat berdaya rendah seperti sensor nirkabel dan perangkat IoT.
3. Manfaat Bagi Masyarakat dan Pengembangan Teknologi
- a. Mendukung pengembangan teknologi energi alternatif dengan memanfaatkan energi gelombang radio frekuensi yang tersedia di lingkungan sekitar.
 - b. Memberikan kontribusi awal terhadap pemanfaatan sumber energi yang sebelumnya belum dimanfaatkan secara optimal.
 - c. Mendorong pemahaman masyarakat dan akademisi terhadap potensi energi RF sebagai sumber energi pendukung di masa depan.