

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi fosil menjadi tantangan serius yang dihadapi dunia, termasuk Indonesia, mengingat ketergantungan tinggi pada minyak bumi, batu bara, dan gas alam yang cadangannya semakin menipis. Penggunaan energi fosil secara berlebihan tidak hanya mengancam keberlanjutan pasokan energi, tetapi juga menimbulkan dampak lingkungan seperti pencemaran udara, pemanasan global, dan perubahan iklim ekstrem [1]. Kondisi ini mendorong pentingnya upaya transisi menuju sumber energi yang lebih bersih, ramah lingkungan, dan dapat diperbarui untuk menjamin ketahanan energi di masa depan. Energi terbarukan seperti tenaga surya, air, biomassa, dan angin menjadi solusi strategis yang harus dioptimalkan, karena selain ketersediaannya yang melimpah, juga mampu mengurangi emisi karbon serta memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan hidup. Indonesia memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang melimpah, antara lain tenaga surya, air, biomassa, dan angin. Pemanfaatan energi angin melalui Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan, karena energi kinetik dari hembusan angin dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui mekanisme putaran bilah turbin. Selama ini, masyarakat masih bergantung pada listrik berbasis energi fosil yang rentan mengalami gangguan seperti pemadaman bergilir, sehingga diperlukan solusi energi pengganti yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan [2]. Sejalan dengan perkembangan tersebut, Universitas Muhammadiyah Surabaya (UMSurabaya) turut memanfaatkan turbin angin yang dipasang di gedung laboratorium terpadu. Turbin ini berfungsi sebagai media pembelajaran, penelitian, dan pengembangan teknologi energi terbarukan, sekaligus mendukung riset mahasiswa maupun peneliti dalam bidang energi bersih yang berpotensi diaplikasikan lebih luas di masa depan.

Agar kinerja turbin angin dapat berjalan secara optimal, diperlukan pemantauan berkala dan sistematis. Namun, saat ini di gedung laboratorium UMSurabaya belum tersedia sistem monitoring yang lebih efisien. Pemantauan dengan cara konvensional, misalnya hanya menggunakan multimeter, dinilai kurang efisien karena bersifat manual, tidak berkesinambungan, serta terbatas dalam hal pencatatan data. Keterbatasan ini

dapat menghambat analisis performa turbin dalam jangka panjang, terutama ketika dibutuhkan data historis untuk evaluasi sistem. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi yang relevan, karena mampu mendukung pemantauan parameter turbin angin secara otomatis, real-time, dan terintegrasi. Dengan adanya IoT, proses pencatatan data dapat dilakukan secara terus-menerus tanpa campur tangan manusia, sehingga meningkatkan akurasi pengukuran sekaligus mempermudah proses pengolahan serta analisis data kinerja turbin angin [3]. Dalam sistem ini, berbagai parameter penting turbin angin diukur untuk mengetahui kondisi kinerja serta efisiensi konversi energi. Parameter yang diamati meliputi putaran poros turbin atau *revolutions per minute* (RPM), kecepatan angin yang memengaruhi besarnya energi kinetik yang tersedia, arus listrik yang dihasilkan oleh generator, tegangan keluaran, serta daya listrik yang dihasilkan secara keseluruhan [4]. Monitoring pada turbin angin berperan penting dalam menjaga efisiensi dan keandalan sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, potensi masalah yang berisiko menurunkan kinerja turbin dapat segera diidentifikasi dan ditangani sebelum menimbulkan kerusakan lebih lanjut.

Long Range (LoRa) menjadi solusi efektif untuk mengatasi keterbatasan komunikasi data pada sistem turbin angin karena mampu mengirim data jarak jauh dengan konsumsi daya sangat rendah. Teknologi ini menawarkan jangkauan luas seperti jaringan seluler namun dengan efisiensi energi setara Bluetooth, sehingga ideal untuk sensor IoT bertenaga baterai dan pemantauan turbin angin baik di lingkungan kampus maupun implementasi lapangan [5]. Namun, LoRa tetap menghadapi tantangan terkait efisiensi dan losses, terutama *packet loss* yang meningkat seiring bertambahnya jarak sehingga menurunkan *RSSI*, *throughput*, dan memaksa *retransmisi* yang lebih boros energi [6]. Kinerja LoRa juga sangat dipengaruhi oleh konfigurasi parameter seperti spreading factor, bandwidth, dan transmit power [7], serta faktor eksternal seperti jarak berlebih, hambatan fisik, dan kondisi cuaca yang memperbesar risiko kehilangan paket [8]. LoRa bekerja pada beberapa rentang frekuensi, seperti 433 MHz, 868 MHz dan 915 MHz tergantung pada wilayah dan peraturan yang berlaku di suatu Negara. Berdasarkan keputusan PM Kominfo No.1 2019 terkait frekuensi LoRa di Indonesia ditetapkan pada range frekuensi 920-923 MHz. Penggunaan spektrum frekuensi LoRa berdasarkan izin dan PERDIRJEN SDPPI No 3 tahun 2019 [9].

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan LoRa telah banyak dieksplorasi dalam berbagai bidang, seperti *e-water meter* untuk smart city [10], dan sistem monitoring lingkungan seperti pemantauan kualitas udara [11]. Studi-studi tersebut umumnya menekankan keunggulan LoRa dalam hal konsumsi daya yang rendah, biaya operasional yang efisien, serta jangkauan komunikasi yang luas. Namun, kajian yang secara spesifik membahas mengenai efisiensi dan potensi losses pada modul LoRa dalam konteks monitoring turbin angin masih sangat terbatas. Terlebih lagi, pada lingkup penelitian di Universitas Muhammadiyah Surabaya (UMSurabaya), pembahasan mengenai aspek ini belum banyak dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat efisiensi serta mengidentifikasi berbagai bentuk losses transmisi data yang terjadi pada modul LoRa ketika digunakan dalam sistem monitoring turbin angin di UMSurabaya. Analisis ini difokuskan pada sejauh mana modul LoRa mampu mentransmisikan data secara andal tanpa kehilangan paket data yang signifikan maupun penurunan kualitas sinyal. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi konfigurasi komunikasi LoRa yang paling optimal dengan memperhatikan aspek efisiensi energi, keandalan transmisi, serta stabilitas jaringan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam penerapan teknologi LoRa pada bidang energi terbarukan, khususnya dalam mendukung sistem monitoring turbin angin agar lebih efektif, hemat energi, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jarak transmisi terhadap nilai RSSI, SNR, dan Packet Loss pada komunikasi LoRa?
2. Bagaimana tingkat efisiensi transmisi data LoRa berdasarkan Packet Delivery Ratio (PDR) pada sistem monitoring turbin angin?
3. Bagaimana hubungan RSSI dan SNR terhadap Packet Loss yang terjadi selama proses transmisi data?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai penulis sebagai berikut

1. Menganalisis nilai RSSI pada berbagai jarak transmisi LoRa.
2. Menganalisis nilai SNR pada berbagai jarak transmisi LoRa.

3. Menganalisis tingkat Packet Loss pada berbagai kondisi komunikasi.
4. Menghitung efisiensi transmisi data menggunakan Packet Delivery Ratio (PDR).
5. Menentukan performa komunikasi LoRa pada sistem monitoring turbin angin.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mampu mengetahui atau menentukan tingkat efisiensi modul LoRa dalam melakukan proses transmisi data kepada server. Serta mampu mengetahui besar losses seperti kehilangan data atau penurunan kualitas sinyal selama proses transmisi data.

1.5 Batasan Masalah

1. Mikrokontroler menggunakan Arduino Mega
2. Node sensor yang di gunakan sebagai input adalah sensor anemometer, putaran turbin (RPM), tegangan (V) dan arus (I)
3. Parameter efisiensi pada modul LoRa dan parameter *losses* yang dipengaruhi oleh jarak.
4. Pengaplikasian wind turbin di gedung laboratorium terpadu UM Surabaya.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan dasar – dasar teori yang mendukung didasarkan hasil literatur dan jurnal.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang metode penelitian, lokasi dan waktu penelitian dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan bagaimana data diolah dan bagaimana data tersebut dibahas beserta analisisnya

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi ringkasan hasil utama penelitian yang menjawab rumusan masalah dan rekomendasi untuk penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan tentang sumber – sumber maupun buku – buku yang digunakan sebagai referensi atau acuan dalam penyusunan skripsi atau tugas akhir.

