

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Perancangan dan Pembangunan Prototype

Prototype sistem monitoring tekanan dan debit air berbasis LoRa dengan manajemen daya berhasil dirancang dan dibangun. Sistem terdiri dari (ESP32-S3, modul LoRa SX1278) dan *gateway* (ESP8266, modul LoRa SX1278, sensor INA219). Sistem mampu mengakuisisi data tekanan dan debit sebagai data uji, mengirimkannya melalui komunikasi LoRa *Point-to-Point* pada frekuensi 434 MHz, dan menampilkan data pada tampilan *gateway* secara periodik.

2. Implementasi Manajemen Daya

Manajemen daya berhasil diimplementasikan pada menggunakan fitur *deep sleep* ESP32-S3 dengan interval pengiriman data setiap 15 menit. hanya aktif selama ± 7 detik (inisialisasi dan transmisi) dan tidur selama 900 detik. Dari pengukuran sensor INA219, konsumsi energi total per siklus tercatat 3,72 mWh. Namun, arus saat *deep sleep* masih sebesar 11,4 mA, yang menunjukkan bahwa beberapa komponen perangkat keras belum sepenuhnya dimatikan, sehingga estimasi umur baterai baru mencapai 11 hari.

3. Kinerja Komunikasi LoRa

Komunikasi LoRa menggunakan konfigurasi SF12, bandwidth 62,5 kHz, dan coding rate 4/8 memberikan kinerja sangat andal. Pada pengujian jarak hingga 20 meter dalam kondisi *Non-Line-of-Sight*, *Packet Delivery Ratio* (PDR) mencapai 100%. Nilai RSSI berkisar antara -132 dBm hingga -110 dBm, SNR antara -13,9 dB hingga 8,8 dB, dan *Time on Air* sebesar 5 detik per paket, yang masih sangat kecil dibandingkan interval pengiriman 15 menit.

4. Eksperimen Klasifikasi Anomali

Model *logistic regression* yang ditanamkan pada mampu membedakan kondisi normal dan bocor berdasarkan data tekanan dan debit. Pada pengujian fungsional, status prediksi menunjukkan nilai mendekati 0 pada kondisi normal (0,014; 0) dan mendekati 1 pada kondisi bocor (0,990; 0,994; 0,997), membuktikan bahwa model dapat berfungsi sebagai indikator awal kebocoran pada simulasi distribusi air. Serta hasil evaluasi mencapai akurasi sekitar 90% yang menandakan bahwa model cukup akurat.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Optimalisasi Arus Deep Sleep

Arus *deep sleep* yang masih tinggi (11,4 mA) harus diturunkan dengan mematikan seluruh komponen pendukung sebelum memasuki

mode tidur, seperti menambahkan sakelar MOSFET untuk memutus daya ke modul LoRa, sensor, dan indikator, serta menggunakan regulator tegangan dengan arus *quiescent* rendah. Dengan optimalisasi ini, umur baterai dapat diperpanjang hingga beberapa bulan.

2. Pengujian pada Jaringan Distribusi Nyata

Pengujian selanjutnya sebaiknya dilakukan pada jaringan distribusi air Perumdam yang sebenarnya, dengan variasi tekanan dan debit yang lebih dinamis, serta jarak komunikasi yang lebih jauh, guna mengukur kinerja sistem dalam kondisi operasional sesungguhnya.

3. Peningkatan Akurasi Model Klasifikasi Anomali

Model *logistic regression* yang digunakan masih dilatih dengan *dataset* terbatas. Disarankan untuk mengumpulkan lebih banyak data dari berbagai skenario kebocoran dan menggunakan algoritma klasifikasi yang lebih kompleks guna meningkatkan akurasi deteksi pada kondisi lapangan yang sebenarnya.