

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Sistem monitoring dan prediksi *downtime* modem berbasis *Photovoltaic* (PV) telah berhasil dikembangkan dengan performa optimal. Perancangan *hardware* mengintegrasikan Arduino Nano V3 dengan sensor DHT22 (suhu dan kelembaban), BH1750 (intensitas cahaya), sensor tegangan, dan HSTS106L (arus) melalui komunikasi RS485 yang terhubung ke Orange Pi Zero 3. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi dengan kesalahan rata-rata DHT22 0,36°C untuk suhu dan 0,56% kelembaban, BH1750 119 lux, sensor tegangan 0,104V, dan HSTS106L 0,034A. Sistem terbukti stabil dalam operasi kontinyu di lingkungan lapangan.

Implementasi protokol SNMP berhasil mentransformasi Orange Pi Zero 3 menjadi SNMP *Agent* dengan konfigurasi OID untuk setiap parameter sensor. Integrasi dengan PRTG *Network Monitor* menciptakan dashboard *real-time* yang menampilkan data dalam grafik dan tabel, dilengkapi sistem notifikasi dengan kategori visual berupa indikator warna hijau (*Up*), merah (*Down*), biru (*Paused*), dan jingga (*Unusual*). Sistem notifikasi otomatis memberikan peringatan instan ketika nilai sensor melampaui batas yang ditetapkan, memungkinkan intervensi preventif dengan respons cepat.

Perancangan fitur tambahan berupa analisis prediksi *downtime* berdasarkan data sensor telah berhasil diimplementasikan melalui pendekatan ML dengan evaluasi yang disesuaikan untuk karakteristik data *imbalanced*. Dari hasil perbandingan kedua model, *Random Forest* lebih unggul dibandingkan *Logistic Regression* dalam hampir seluruh metrik evaluasi. *Random Forest* mencapai *CV F1-Score* 26,97% (std \pm 38,42%) dengan akurasi test 97,96%, sementara *Logistic Regression* hanya 19,44% (std \pm 31,75%) dengan akurasi 86,94%. Perbedaan paling mencolok terlihat pada *Downtime Recall*, dimana *Random Forest* mencapai 93,24% dibandingkan 58,11% pada *Logistic Regression*. *Random Forest* terpilih sebagai algoritma optimal dengan *Downtime F1-Score* tertinggi sebesar 96,50%, presisi sempurna (100%), dan AUC 98,50%. Rendahnya *CV F1-Score* dengan variabilitas tinggi merupakan karakteristik normal

pada data *imbalanced* menggunakan *TimeSeriesSplit*, dimana beberapa *fold* memiliki distribusi kelas *minority* yang sangat sedikit. Fitur prediksi *downtime* yang dirancang mampu memberikan deteksi dini terhadap kasus gangguan operasional, sehingga dapat mencegah kerugian akibat *downtime* tak terduga dalam konteks *predictive maintenance*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian ini memiliki potensi besar untuk diperluas melalui pengujian lapangan dengan cakupan yang lebih luas dan berkelanjutan. Uji coba dalam jangka waktu yang lebih panjang serta pada berbagai lokasi dengan kondisi geografis dan cuaca yang berbeda akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai performa sistem monitoring dalam situasi nyata. Variasi lingkungan tersebut akan memberikan gambaran yang lebih menyeluruh terhadap performa sistem monitoring dalam situasi nyata, termasuk validasi kestabilan sistem dan keakuratan seluruh sensor. Peningkatan jumlah dan variasi data dari berbagai kondisi lingkungan seperti musim hujan, kemarau, dan kondisi ekstrem lainnya akan memperkaya dataset pelatihan model. Dataset yang lebih representatif diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan generalisasi algoritma *Random Forest* dalam memprediksi kondisi *downtime* secara lebih presisi dan adaptif. Penambahan sensor tambahan seperti sensor curah hujan dan kualitas udara juga disarankan untuk meningkatkan akurasi prediksi. Parameter lingkungan tambahan ini dapat memberikan insight yang lebih komprehensif tentang faktor-faktor yang mempengaruhi potensi *downtime* sistem. Selain itu, integrasi fitur prediksi *downtime* ke dalam dashboard PRTG disarankan agar sistem tidak hanya menampilkan status sensor secara *real-time*, tetapi juga memberikan peringatan dini, sehingga mendukung keandalan dan kualitas layanan jaringan.