

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Pengembangan Sistem Deteksi Kebocoran Air yang Akurat

Sistem deteksi kebocoran air yang dirancang menggunakan sensor dengan tingkat sensitivitas yang dapat diatur telah menunjukkan kinerja yang sesuai dengan standar. Dari hasil uji pada Tabel 4.1, sensor mampu mendeteksi genangan kecil (1-5 mL) dengan waktu respon antara 1,27 hingga 2,43 detik tergantung tingkat sensitivitasnya. Semakin tinggi sensitivitas, maka semakin cepat waktu respon yang diperoleh. Oleh karena itu, sistem ini dinilai akurat dalam mendeteksi kebocoran air skala kecil di lingkungan kritikal seperti pusat data.

2. Integrasi HMI dengan Sistem Deteksi Kebocoran Berbasis RS-485 untuk Monitoring *Real-Time*

Hasil uji pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa integrasi *Human Machine Interface* (HMI) dengan sensor melalui protokol komunikasi RS-485 berhasil menampilkan data secara *real-time* dengan waktu delay tampilan berkisar antara 1,6 hingga 1,8 detik. Hal ini masih berada dalam ambang batas performa refresh time HMI <5 detik sesuai dengan standar SCADA/RTU pada Tabel 2.2. Selain itu, respon visual berupa perubahan tampilan layar berkedip merah juga membantu operator dalam mendeteksi kondisi darurat secara cepat.

Dari sisi *usability*, sistem memperoleh skor rata-rata 92,9 berdasarkan hasil evaluasi menggunakan metode *System Usability Scale* (SUS), yang mengindikasikan bahwa HMI yang dirancang dinilai “sangat layak” dan *user-friendly*. Responden menyatakan sistem mudah dipahami, antarmuka jelas, dan tidak membingungkan, sehingga sistem mampu memberikan pengalaman pengguna yang efisien dan mendukung pengambilan keputusan secara cepat dalam lingkungan pusat data yang membutuhkan keandalan tinggi.

3. Pengujian Sistem Deteksi dan Komunikasi dengan Protokol RS-485

Berdasarkan Tabel 4.2, komunikasi antar perangkat melalui RS-485 menunjukkan hasil yang berhasil dalam seluruh kondisi pengujian, baik pada lingkungan lantai kering maupun tergenang. Ditandai dengan waktu respon komunikasi tetap stabil dalam kondisi normal dan meningkat saat kondisi tergenang, namun tetap dapat dikategorikan dalam toleransi sistem monitoring industri. Bahkan dengan variasi panjang kabel hingga 30 meter, sistem tetap mampu mengirimkan data tanpa kehilangan komunikasi.

Dengan demikian, sistem deteksi kebocoran air berbasis RS-485 yang terintegrasi dengan HMI yang dirancang dalam penelitian telah terbukti mampu melakukan monitoring dengan hasil yang akurat dan waktu respon yang sesuai standar performa.

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil uji coba lapangan, untuk implementasi di lingkungan nyata seperti pusat data atau gedung industri, disarankan menggunakan kabel RS-485 dengan kualitas *shielded twisted pair* dapat mengurangi interferensi.
2. Penggunaan *power supply* cadangan pada sistem sensor dan HMI dapat menjamin keberlangsungan fungsi sistem dalam kondisi listrik padam.
3. Perlu dilakukan pengujian dalam kondisi gangguan komunikasi atau interferensi tinggi agar sistem dapat dioptimalkan untuk kondisi ekstrem.
4. Sistem pemantauan dalam penelitian ini terintegrasi secara terpusat ke dalam *Building Management System* (BMS). Untuk mendukung pemantauan jarak jauh yang lebih fleksibel, disarankan penambahan fitur pencatatan data serta sistem notifikasi berbasis Email atau WhatsApp API.