

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitor dan Kontrol Pompa pada Pit Penampungan Limbah Cairan Berbasis Internet of Things", dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai fitur, kelebihan, dan kekurangan alat sebagai berikut:

##### **5.1.1 Fitur dan Kemampuan Alat**

1. Sistem Monitor *Hybrid*: Alat mampu menampilkan data *real-time* melalui tiga antarmuka sekaligus: layar OLED (data ringkas), layar TFT ILI9341 (menu dan Tampilan), dan Web Server (*dashboard* grafik lengkap dan akses jarak jauh via *smartphone/PC*).
2. Telemetri Nirkabel: Menggunakan modul nRF24L01 untuk mengirimkan data dari node sensor ke unit kontrol utama, sehingga sensor dapat ditempatkan di area yang sulit dijangkau kabel.
3. Kontrol Pompa Otomatis & Manual: Sistem memiliki logika kontrol pompa otomatis berdasarkan ketinggian level *liquid*(set point *Full* dan *Low* yang dapat dikalibrasi) serta fitur kontrol manual jarak jauh melalui Web Server.
4. Sistem Keamanan Gas (*Safety*): Dilengkapi sensor MQ-135 dengan algoritma *warm-up* (pemanasan awal) selama 60 detik untuk mencegah *false alarm*, serta indikator status "Aman", "Waspada", dan "Bahaya" dengan pemicu *buzzer* jika terdeteksi kebocoran gas di atas ambang batas (2100 ).
5. Kemudahan Akses: Tersedia fitur QR Code pada menu perangkat yang dapat dipindai untuk mempercepat akses login ke *dashboard* monitor berbasis web.

### 5.1.2 Kelebihan Sistem

1. Antarmuka Informatif: Penggunaan layar TFT berwarna dengan memudahkan operator memantau tren kenaikan level *liquid* dan gas secara visual langsung di lapangan tanpa perlu membuka laptop.
2. Fleksibilitas Kontrol: Pengguna dapat mengubah nilai kalibrasi tangki (batas atas/bawah) dan *set point* relai pompa langsung melalui tombol menu di perangkat tanpa perlu memprogram ulang koding (nilai tersimpan di EEPROM).
3. Redundansi Monitor : Jika koneksi WiFi terputus, alat tetap berfungsi penuh secara lokal (Layar TFT dan kontrol pompa otomatis tetap berjalan), sehingga keandalan sistem tetap terjaga.
4. Efisiensi Data: Sistem transmisi data hanya mengirimkan perubahan status yang signifikan untuk menghemat *bandwidth* dan pemrosesan, serta dilengkapi fitur *clipping* grafik agar tampilan tetap rapi.

### 5.1.3 Kekurangan Sistem

1. Waktu Pemanasan Sensor: Sensor gas MQ-135 memerlukan waktu *pre-heating* (pemanasan) saat pertama kali dinyalakan agar pembacaan akurat, sehingga sistem tidak dapat langsung mendeteksi gas seketika setelah *booting*.
2. Keterbatasan Jangkauan WiFi: Akses kontrol jarak jauh sangat bergantung pada kekuatan sinyal WiFi di lokasi penempatan alat. Jika sinyal lemah atau server *Ngrok down*, fitur *remote control* tidak dapat digunakan.
3. Akurasi Sensor Ultrasonik: Pembacaan level *liquid* menggunakan sensor ultrasonik dapat terganggu jika terdapat busa tebal pada limbah *liquid* atau uap panas yang memantulkan gelombang suara secara tidak presisi.

## 5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut agar sistem ini dapat diimplementasikan pada skala industri yang lebih besar, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Integrasi Database Cloud: Penyimpanan data sebaiknya ditingkatkan dari kartu SD lokal ke database *cloud* (seperti Firebase atau MySQL) agar data historis dapat diakses dari mana saja dan tidak hilang jika kartu SD rusak.
2. Pembuatan Aplikasi Mobile Native: Mengembangkan aplikasi berbasis Android/iOS secara *native* (bukan hanya web view) untuk mendapatkan fitur notifikasi *push* langsung ke HP operator saat terjadi kondisi bahaya (level *liquid* meluap atau kebocoran gas).
3. Desain PCB Cetak: Untuk mengurangi risiko kabel kendur (*loose connection*) akibat getaran mesin pompa, sebaiknya rangkaian dipindahkan dari *breadboard* atau kabel *jumper* ke PCB cetak (*Printed Circuit Board*) yang lebih kokoh dan terlindung *casing* standar industri (IP65).