

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dapat di simpulkan bahwa tugas akhir ini :

1. Sistem pencampuran warna cat otomatis berbasis cairan berhasil dirancang dan dibangun dengan memanfaatkan lima warna dasar biru, hitam, kuning, putih, dan merah sebagai sumber utama pencampuran. Realisasi sistem menggunakan Arduino Mega Pro Mini sebagai pengendali utama, lima pompa peristaltik sebagai aktuator, *load cell* 10 kg dengan modul HX711 sebagai umpan balik massa, LCD TFT sebagai antarmuka pengguna, serta rangkaian *driver* berbasis MOSFET, sehingga kelima warna dasar tersebut dapat dikeluarkan dan dicampur sesuai komposisi yang dipilih pengguna.
2. Metode *Sequential Control* berhasil diterapkan untuk mengatur urutan proses pencampuran agar pengeluaran cairan berlangsung sistematis. Hasil pengujian menunjukkan kelima pompa aktif secara bergiliran tanpa ada dua pompa yang menyala bersamaan, sehingga urutan pengeluaran warna berjalan sesuai komposisi yang ditentukan dan sesuai *flowchart* sistem yang dirancang.
3. Debit aliran cat berhasil dikendalikan melalui pengaturan kecepatan motor pompa berbasis PWM guna memperoleh massa pencampuran yang akurat. Pengujian menunjukkan hubungan berbanding lurus antara nilai PWM dan debit: pada PWM 255, debit tertinggi dicapai pompa biru sebesar 2,09 g/s, sedangkan debit terendah pada pompa putih sebesar 1,30 g/s. Kestabilan debit tetap terjaga pada pengulangan, dengan persentase rentang relatif (RR) di bawah 5%, yaitu 1,28–3,00% pada PWM 120 dan 0,53–2,08% pada PWM 255.
4. Metode *gravimetric* berbasis sensor berat berhasil diimplementasikan untuk menentukan jumlah cairan yang dikeluarkan secara tepat berdasarkan pengukuran massa. Kalibrasi *load cell* menghasilkan hubungan yang sangat linier terhadap beban referensi, dengan persamaan regresi $y = 1,0000119x - 0,1667$, $R^2 = 0,999999884$, error pembacaan maksimum 0,03%, dan rata-rata error 0,016% pada rentang 1.000–7.000 gram. Penerapan *Two-stage Dosing* (PWM 255 tahap cepat,

PWM 120 tahap presisi) pada target massa 50 gram menghasilkan error rata-rata antara 0,157% (pompa biru) hingga 0,285% (pompa putih), dengan koefisien variasi seluruh warna di bawah 0,3%.

5. Evaluasi kinerja sistem hasil integrasi *Sequential Control*, *PWM Two-stage Dosing*, dan *Gravimetric Dosing* menunjukkan akurasi penakaran cairan yang baik dan konsisten. Pada pengujian berulang tingkat individu, error terkecil tercatat 0,008% (pompa hitam) dan error terbesar 0,576% (pompa putih), sedangkan error rata-rata seluruh warna pada target 50 gram tetap berada di bawah 0,3% dengan koefisien variasi yang juga di bawah 0,3%. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi ketiga metode mampu meningkatkan akurasi penakaran cairan pada sistem pencampuran cat otomatis.

5.2. Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan sistem dengan menerapkan kontrol adaptif atau closed-loop pada pengaturan PWM, sehingga nilai PWM dapat menyesuaikan karakteristik debit masing-masing pompa secara otomatis untuk meningkatkan akurasi penakaran.
2. Pengujian dapat diperluas menggunakan lebih banyak variasi komposisi warna, volume pencampuran, dan jenis cat untuk mengevaluasi konsistensi performa sistem pada berbagai kondisi operasi.
3. Antarmuka pengguna (HMI) dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur penyimpanan riwayat pencampuran, pencatatan data (data logging), serta variasi gram total satu siklus, sehingga sistem lebih mudah digunakan pada aplikasi skala industri maupun laboratorium.
4. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pompa dengan kapasitas debit yang lebih besar atau mengoptimalkan spesifikasi pompa peristaltik yang digunakan agar waktu pencampuran dapat dipersingkat tanpa mengurangi akurasi penakaran.