# BAB VI
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat pres modul LED AC dengan umpan balik *load cell*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Alat pres modul LED AC telah dirancang dan dibuat menggunakan silinder pneumatik AirTAC SC 50 × 150, Arduino Nano, *load cell*, modul HX711, *relay*, *solenoid valve* 5/2, sensor tekanan, serta LCD 20 × 4. Susunan mekanik dan dudukan benda kerja digunakan untuk memasang PCB berdiameter 45 mm pada *housing* 55 mm serta PCB berdiameter 50 mm pada *housing* 60 mm.
2. Umpan balik *load cell* diterapkan sebagai dasar penghentian proses pengepresan dengan *setpoint* yang diprogram sebesar 833,85 N. Ketika pembacaan mencapai atau melebihi *setpoint*, Arduino Nano menonaktifkan *relay* sehingga *solenoid valve* mengubah arah aliran udara dan silinder bergerak kembali ke posisi awal. Tombol STOP tetap berfungsi untuk penghentian manual, sedangkan sensor tekanan digunakan untuk pemantauan. Berdasarkan pencatatan 20 pengujian, fungsi penghentian otomatis dan pengembalian silinder berhasil pada seluruh percobaan, atau sebesar 100% pada sampel yang diuji.
3. Pengujian pembacaan *load cell* terhadap lima beban pembanding pada rentang 82–2.025 g menghasilkan rata-rata galat relatif sebesar 0,26%. Pengujian sensor tekanan terhadap indikator AFR2000 pada titik 1–5 bar menghasilkan rata-rata galat relatif sebesar 0,52%, dengan selisih absolut maksimum 0,02 bar. Hasil tersebut menunjukkan kesesuaian pembacaan terhadap alat pembanding pada titik yang diuji dan belum mewakili akurasi pengukuran gaya pada seluruh rentang pengepresan.
4. Pengujian kedalaman pemasangan dilakukan pada lima sampel *housing* 55 mm dengan PCB 45 mm dan 15 sampel *housing* 60 mm dengan PCB 50 mm. Seluruh sampel tercatat memiliki kedalaman pemasangan 5 mm, sehingga rata-rata kedalaman sebesar 5 mm dan rentang kedalaman sebesar 0 mm berdasarkan

hasil pencatatan. Pemeriksaan visual menunjukkan PCB terpasang rata serta tidak ditemukan kerusakan yang terlihat pada PCB, komponen LED, sambungan solder, kabel, maupun *housing* pada seluruh sampel.

5. Hubungan tekanan udara dan gaya dorong teoretis sesuai dengan persamaan gaya sebagai hasil perkalian tekanan dan luas penampang piston. Pada diameter piston 50 mm, gaya teoretis meningkat dari 196,35 N pada tekanan 1 bar menjadi 981,75 N pada tekanan 5 bar. Nilai tersebut merupakan hasil perhitungan ideal dan tidak dapat digunakan langsung untuk menyatakan gaya aktual yang diterima benda kerja.
6. Hasil pengujian telah menunjukkan keberulangan fungsi penghentian otomatis dan keseragaman kedalaman pemasangan pada sampel yang diuji. Namun, konsistensi gaya aktual belum dapat ditentukan secara kuantitatif karena gaya maksimum tiap siklus belum dicatat. Selain itu, *load cell* yang digunakan berkapasitas 50 kg, sedangkan *setpoint* 833,85 N setara dengan beban sekitar 30,90 kg dan beberapa pembacaan pengujian melebihi kapasitas tersebut. Oleh karena itu, ketepatan nilai gaya pengepresan dan karakterisasi gaya aktual masih memerlukan pengujian ulang menggunakan sensor dengan kapasitas yang sesuai.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan keterbatasan yang ditemukan, saran untuk pengembangan alat adalah sebagai berikut.

1. *Load cell* dan dudukan pengukur perlu disesuaikan dengan gaya maksimum yang mungkin diterima, termasuk beban dinamis saat penekan menyentuh benda kerja. Pemilihan kapasitas perlu mempertimbangkan kemampuan dorong silinder pada tekanan kerja yang diizinkan, bukan hanya nilai *setpoint*. Pengukuran gaya pengepresan perlu diulang setelah kapasitas sensor dan pemasangannya sesuai.
2. Kalibrasi dan verifikasi sensor gaya perlu dilakukan pada beberapa titik yang mencakup rentang gaya kerja menggunakan alat pembanding yang diketahui ketelitiannya. Faktor kalibrasi pada program harus disamakan dengan faktor

yang digunakan saat pengujian. Pemeriksaan titik nol, kestabilan pembacaan, dan proses *tare* juga perlu dilakukan secara berkala.

3. Program pencatatan perlu dikembangkan untuk menyimpan setiap sampel gaya beserta waktunya, gaya saat perintah *relay* mati, dan gaya maksimum hingga beban benar-benar terlepas. Proses *tare* berikutnya dilakukan setelah data satu siklus tersimpan. Data tersebut diperlukan untuk menghitung rata-rata, rentang, simpangan baku, dan kenaikan gaya setelah perintah penghentian.
4. Pengujian perlu diperluas dengan jumlah sampel dan kondisi pemasangan yang lebih beragam. Data kedalaman tiap sampel, resolusi jangka sorong, titik acuan, dan toleransi penerimaan perlu dicatat. Pemeriksaan visual dapat dilengkapi dengan pengujian fungsi listrik lampu dan kekuatan pemasangan agar penilaian hasil perakitan lebih menyeluruh.
5. Pengaturan tekanan melalui AFR2000 dan kecepatan turun melalui *speed controller* pada port bawah silinder perlu diperiksa kembali agar pembebanan berlangsung lebih terkendali. Tekanan nominal dan tekanan maksimum yang terekam perlu dibedakan dalam pencatatan. Penurunan keluaran *supply* 12 V selama pengepresan juga perlu ditelusuri melalui pengukuran pada terminal *supply* dan koil dalam kondisi berbeban.
6. Logika program perlu dilengkapi atau diverifikasi agar kegagalan pembacaan HX711, data yang tidak diperbarui, dan kegagalan *tare* mencegah dimulainya siklus atau mengakhiri siklus yang sedang berlangsung sesuai rancangan penghentian alat. Batas waktu pengepresan juga perlu dipertimbangkan agar *relay* tidak terus aktif ketika *setpoint* tidak tercapai. Fungsi tersebut perlu diuji sebelum digunakan pada proses perakitan berikutnya.