

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian proses perancangan, pembuatan, dan pengujian alat sistem daur ulang botol plastik menjadi filamen 3D *printing* berbasis pengendali suhu PID menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pro, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berhasil merancang sistem pengontrolan suhu berbasis PID yang mampu menjaga suhu pemanas (hot-end) tetap stabil di sekitar 210°C dengan fluktuasi kecil (208°C–212°C). Penyesuaian parameter PID dilakukan menggunakan metode Ziegler–Nichols serta fine tuning (trial and error), sehingga diperoleh parameter akhir $K_p = 22$, $K_i = 2$, dan $K_d = 50$. Sistem menunjukkan respons yang cukup cepat, akurat, dan stabil dalam pengendalian suhu secara real-time untuk proses pelelehan plastik. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap respons suhu, sistem memiliki konstanta waktu (τ) sebesar 56 detik dan settling time (t_s) sebesar 89 detik, yang mengindikasikan bahwa sistem cepat mencapai keadaan tunak setelah mengalami gangguan..
2. Alat berhasil mengubah botol plastik menjadi filamen 3D secara otomatis dengan hasil mencapai ± 480 cm dalam waktu 1 jam 33 menit 56 detik, menunjukkan bahwa sistem berfungsi untuk menghasilkan filamen dari limbah botol plastik.
3. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa filamen yang dihasilkan umumnya halus, namun masih terdapat lubang kecil di bagian tengah. Hal ini diduga disebabkan oleh desain *heatblock* atau bentuk *nozzle* yang belum optimal dalam menghasilkan tekanan ekstrusi yang merata, sehingga bagian tengah filamen tidak sepenuhnya terpadatkan. Masalah ini menunjukkan perlunya pengembangan pada bagian mekanik ekstrusi, terutama pada pemilihan bentuk dan ukuran *nozzle* serta distribusi panas dari *heatblock*.

5.2 Saran

Pada penelitian tugas akhir penulis yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM PENGONTROLAN SUHU BERBASIS PID PADA PROSES DAUR

ULANG BOTOL PLASTIK MENJADI FILAMEN 3D *PRINTING*” penulis memiliki beberapa saran yang berlu disampaikan:

1. *Upgrade Heatblock dan Nozzle yang Lebih Optimal*

Untuk menghasilkan filamen dengan bentuk yang lebih padat dan mengurangi kemungkinan terbentuknya lubang di tengah, disarankan untuk menggunakan *heatblock* yang lebih besar dan *nozzle* dengan desain yang sesuai. Kombinasi ini diharapkan dapat meningkatkan tekanan ekstrusi serta distribusi panas, sehingga menghasilkan filamen yang lebih homogen.

2. Integrasi dengan Modul IoT (*Internet of Things*)

Sistem dapat dikembangkan dengan modul ESP32 atau ESP8266 agar dapat dikendalikan dan dipantau secara jarak jauh melalui aplikasi atau web dashboard.

3. Desain Mekanik Lebih Modular dan Ergonomis

Perlu dikembangkan versi desain alat yang lebih ringkas dan mudah dibongkar-pasang, agar praktis untuk penggunaan jangka panjang dan perawatan.

4. Integrasi dengan Fitur Pemotongan Otomatis

Sistem dapat dilengkapi dengan aktuator atau solenoid pemotong filamen saat gulungan telah selesai, sehingga proses lebih aman.

5. Penambahan Pemanas untuk Penyambungan Filamen Otomatis

Disarankan untuk menambahkan sistem pemanas kecil semacam heating cartridge untuk menyambungkan ujung filamen lama ke filamen baru secara otomatis. Ini akan meningkatkan efisiensi dan kontinuitas proses daur ulang filamen, terutama dalam produksi dalam jumlah besar.

6. Penambahan / Perpindahan Sensor Pendeteksi Tinggi Botol

Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor pendeteksi tinggi, seperti *ultrasonic* untuk mendeteksi keberadaan botol dengan tinggi botol plastik. Agar sistem dapat otomatis menyala dan juga mati untuk dapat memproses botol menjadi filamen. Fitur ini agar dapat membuat berbagai macam dengan diameter botol ± 80 mm dapat terolah dengan ketebalan bahan botol di 0.19 mm.