

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengaturan kecepatan motor penggulung pada mesin *filament maker* secara otomatis menggunakan sensor *load cell* HX711 dan metode kendali PID (Proportional-Integral-Derivative) guna mengatasi masalah ketidakstabilan kecepatan penggulangan dalam proses pembuatan filamen 3D printer berbahan daur ulang limbah plastik PET (Polyethylene Terephthalate). Pada proses penggulangan konvensional, motor stepper NEMA 17 yang menggerakkan *spool* cenderung mengalami fluktuasi kecepatan akibat perubahan beban tarik yang tidak terkontrol, sehingga menyebabkan diameter filamen tidak seragam dan meningkatkan risiko putusny filamen. Sistem yang dirancang mengintegrasikan sensor *load cell* HX711 sebagai umpan balik gaya tarik secara *real-time* ke mikrokontroler Arduino Uno. Data pembacaan sensor dikalibrasi dan diproses oleh algoritma PID yang menghasilkan sinyal kendali PWM untuk mengatur kecepatan motor stepper melalui driver A4988. Sistem juga dilengkapi sensor encoder rotary, sensor proximity, dan mekanisme gigi rasio berlapis lima yang menghasilkan total rasio sebesar 0,525 untuk memastikan torsi dan kecepatan penggulangan yang optimal. Pengujian dilakukan dalam empat skenario dengan kombinasi parameter PID yang berbeda pada *setpoint* 50 RPM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter PID optimal diperoleh pada nilai $K_p = 0,8$; $K_i = 0,02$; dan $K_d = 0,01$. Dengan konfigurasi tersebut, sistem mampu meredam *overshoot* awal hingga 125 RPM dan menstabilkan kecepatan motor pada nilai *setpoint* 50 RPM mulai detik ke-10 hingga akhir pengujian. Nilai rata-rata *error* absolut yang dihasilkan adalah 28,97 RPM dengan persentase *error* relatif sebesar 57,94%. Sistem ini terbukti mampu menjaga kestabilan tegangan filamen selama proses penggulangan.

Kata kunci: Filamen Maker, Kontrol PID, Sensor Load Cell, Motor Stepper, Daur Ulang Plastik PET

ABSTRAC

This research aims to develop an automatic speed control system for the winding motor of a filament maker machine using an HX711 load cell sensor and the PID (Proportional-Integral-Derivative) control method, in order to overcome speed instability during the production of 3D printer filament made from recycled PET (Polyethylene Terephthalate) plastic waste. In conventional winding processes, the NEMA 17 stepper motor driving the spool tends to experience speed fluctuations due to uncontrolled changes in tensile load, resulting in non-uniform filament diameter and an increased risk of filament breakage. The designed system integrates an HX711 load cell sensor to measure tensile force in real-time as feedback to an Arduino Uno microcontroller. Sensor readings are calibrated and processed by the PID algorithm, which generates a PWM control signal to regulate the stepper motor speed via an A4988 driver. The system is also equipped with a rotary encoder sensor, a proximity sensor, and a five-stage gear ratio mechanism with a cumulative ratio of 0.525 to ensure optimal torque and winding speed. Testing was conducted in four scenarios with different PID parameter combinations at a setpoint of 50 RPM. The results indicate that the optimal PID parameters are $K_p = 0.8$, $K_i = 0.02$, and $K_d = 0.01$. With this configuration, the system was able to suppress the initial overshoot to 125 RPM and stabilize the motor speed at the 50 RPM setpoint from the 10th second until the end of the test. The mean absolute error was 28.97 RPM with a relative error percentage of 57.94%. The system was proven capable of maintaining filament tension stability throughout the winding process without significant oscillation, thereby supporting improved quality and consistency in the production of PET plastic recycled filament.

Keywords: *Filament Maker, PID Control, Load Cell Sensor, Stepper Motor, PET Plastic Recycling*