

ABSTRAK

Batik merupakan salah satu warisan budaya Indonesia yang memiliki nilai seni tinggi, namun proses pembuatannya masih banyak dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu yang lama, ketelitian tinggi, dan hasilnya sering dipengaruhi oleh kemampuan pengrajin. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun mesin *Computer Numerical Control* (CNC) Router sebagai alat pembuat pola batik secara otomatis dengan menerapkan metode Sobel Edge Detection dan *Proportional Integral Derivative* (PID). Tahapan penelitian dimulai dengan merancang mekanik mesin CNC tiga sumbu menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Pola batik yang berupa citra diproses menggunakan metode Sobel Edge Detection untuk memperoleh garis tepi objek, kemudian dikonversi menjadi lintasan G-code yang digunakan sebagai perintah gerak mesin CNC. Sistem dikendalikan menggunakan Arduino Uno, motor *Stepper* NEMA 17, CNC Shield, serta sensor rotary encoder AS5048A sebagai umpan balik kecepatan. Pengendali PID diterapkan pada pergerakan motor *Stepper* agar gerakan sumbu X dan Y menjadi lebih stabil dan mampu mengikuti lintasan sesuai desain.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode PID mampu meningkatkan kestabilan pergerakan motor dibandingkan pengaturan tanpa penalaan yang tepat. Nilai parameter terbaik diperoleh pada $K_p = 0,26188$, $K_i = 0,88080$, dan $K_d = 0,22002$, sehingga menghasilkan error yang lebih kecil pada berbagai *setpoint* pengujian. Selain itu, metode *Sobel Edge Detection* berhasil mengekstraksi pola batik menjadi jalur yang dapat diterjemahkan menjadi G-code sehingga mesin mampu menggambar motif batik secara otomatis dengan bentuk yang sesuai terhadap desain awal. Integrasi antara pengolahan citra dan sistem kendali memberikan hasil penggambaran yang lebih stabil, presisi, dan konsisten dibandingkan proses manual. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode *Sobel Edge Detection* dan kontrol PID pada mesin CNC Router dapat menjadi salah satu solusi untuk membantu proses pembuatan pola batik secara otomatis.

Kata kunci: CNC Router, Batik, *Sobel Edge Detection*, PID, Otomasi

ABSTRACT

Batik is one of Indonesia's cultural heritages with high artistic value. However, its production process is still largely carried out manually, requiring considerable time, precision, and craftsmanship. As a result, the quality of the final product often depends on the artisan's skill. This research aims to design and develop a Computer Numerical Control (CNC) Router capable of automatically drawing batik patterns by implementing the Sobel Edge Detection method and a Proportional–Integral–Derivative (PID) controller. The research began with the mechanical design of a three-axis CNC machine using SolidWorks software. Batik pattern images were processed using the Sobel Edge Detection algorithm to extract object edges, which were then converted into G-code trajectories used as motion commands for the CNC machine. The system was controlled by an Arduino Uno, NEMA 17 Stepper motors, a CNC Shield, and an AS5048A rotary encoder that provided speed feedback. A PID controller was implemented to regulate the movement of the Stepper motors, allowing the X- and Y-axis motions to follow the desired trajectory more smoothly and accurately.

The experimental results indicate that the PID controller improved the stability of the Stepper motor movement compared with an untuned control system. The best controller performance was obtained using $K_p = 0.26188$, $K_i = 0.88080$, and $K_d = 0.22002$, resulting in lower tracking errors under different setpoint conditions. Furthermore, the Sobel Edge Detection method successfully extracted the batik pattern into edge trajectories that were converted into G-code, enabling the CNC machine to reproduce batik motifs automatically while maintaining good conformity with the original design. The integration of image processing and PID-based motion control produced a drawing process that was more stable, accurate, and consistent than the conventional manual approach. This study demonstrates that combining Sobel Edge Detection with PID control in a CNC Router provides an effective solution for automating.

Keywords: CNC Router, Batik, Sobel Edge Detection, PID, Otomasi