

INTISARI

Perkembangan teknologi elektronika membutuhkan proses pembuatan *Printed Circuit Board* (PCB) yang cepat dan presisi. Metode pembuatan PCB secara manual, seperti *etching* dan pengeboran tangan, masih memiliki keterbatasan dalam ketelitian jalur, waktu pengerjaan, dan risiko kesalahan, terutama pada jalur berukuran kecil. Mesin *Computer Numerical Control* (CNC) dapat menjadi alternatif untuk mengatasi keterbatasan tersebut melalui proses *milling* yang lebih terkontrol.

Tugas akhir ini menghasilkan mesin CNC 3 Axis berbasis Arduino untuk proses *milling Printed Circuit Board* (PCB) secara otomatis berdasarkan G-Code. Sistem mengintegrasikan pengendalian motor *stepper* berbasis GRBL, pemantauan arus dan daya, pengaturan *spindle*, kalibrasi, sistem keamanan, serta komunikasi serial dengan PC melalui program *Python*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mampu menjalankan proses *milling* PCB pada tiga tingkat kecepatan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata galat dimensi lebar (L) sebesar 2,00% dan dimensi panjang (P) sebesar 3,12%. Kecepatan sedang menghasilkan selisih dimensi yang relatif kecil pada sebagian besar parameter pengukuran. Proses kalibrasi *Machine Zero* dan *Work Zero* berhasil digunakan untuk menentukan posisi acuan mesin sebelum proses *milling*. Sistem masih memiliki keterbatasan pada penentuan *Work Zero* yang bergantung pada pengukuran manual, penyimpanan koordinat terakhir saat proses kalibrasi terhenti, integrasi tombol *Stop* pada proses kalibrasi, serta ketelitian hasil *milling*. Secara keseluruhan, sistem mampu bekerja secara terintegrasi dan menjalankan proses *milling* sesuai dengan G-Code yang diberikan.

Kata Kunci: PCB (*Printed Circuit Board*), CNC 3 Axis, *milling*, Arduino Uno, G-Code, kalibrasi

ABSTRACT

The development of electronic technology requires a fast and precise Printed Circuit Board (PCB) manufacturing process. Manual PCB manufacturing methods, such as etching and hand drilling, still have limitations in terms of path accuracy, processing time, and risk of errors, especially for small-sized paths.

This final project produces an Arduino-based 3-Axis CNC machine for automatically milling Printed Circuit Board (PCB) based on G-Code. The system integrates GRBL-based stepper motor control, current and power monitoring, spindle control, calibration, safety systems, and serial communication with a PC through a Python program.

The test results show that the machine is capable of carrying out the PCB milling process at three speed levels, namely low, medium, and high. The measurement results show an average dimensional error of 2.00% for width (L) and 3.12% for length (P). Medium speed produces relatively small dimensional differences in most measurement parameters. The Machine Zero and Work Zero calibration processes were successfully used to determine the machine reference position before the milling process. The system still has limitations in determining the Work Zero, which depends on manual measurements, storing the last coordinates when the calibration process is interrupted, integrating the Stop button into the calibration process, and the accuracy of the milling results. Overall, the system is capable of operating in an integrated manner and carrying out the milling process according to the given G-Code.

Keywords: PCB (Printed Circuit Board), 3-Axis CNC, milling, Arduino Uno, G-Code, calibration.