

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pembuatan *Printed Circuit Board* (PCB) merupakan salah satu tahap penting dalam pembuatan perangkat elektronik. Proses ini masih banyak dilakukan secara manual, terutama pada lingkungan pendidikan dan industri skala kecil karena peralatan yang digunakan relatif sederhana dan mudah diperoleh. Namun, metode manual memiliki beberapa keterbatasan seperti ketelitian yang rendah, waktu pengerjaan yang lebih lama, serta tingginya kemungkinan terjadi kesalahan akibat faktor manusia. Selain itu, pembuatan jalur PCB dengan ukuran kecil, seperti jalur 0,2 mm, cukup sulit dilakukan secara konsisten menggunakan metode manual. Kesalahan pada proses pemindahan pola maupun proses *etching* dapat menyebabkan jalur terputus, melebar, atau tidak sesuai dengan desain awal.

Penggunaan mesin CNC *Router* PCB menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan ketelitian dan konsistensi dalam proses pembuatan PCB, karena proses *engraving*, pengeboran, dan pemotongan dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan koordinat desain digital yang telah dikonversi menjadi *G-code*. Namun, pada mesin CNC skala kecil masih terdapat beberapa permasalahan, seperti kestabilan struktur mekanik, getaran saat proses milling, serta adanya celah mekanis pada sistem penggerak yang dapat menyebabkan kesalahan posisi atau *backlash* pada pergerakan sumbu.

Kestabilan mekanik menjadi faktor penting dalam proses pembuatan PCB karena perubahan kecil pada posisi mata potong dapat memengaruhi kedalaman *engraving* dan kualitas jalur yang dihasilkan. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan konstruksi rangka berbahan aluminium untuk meningkatkan kekakuan struktur mesin dan mengurangi pengaruh getaran saat proses pemotongan berlangsung. Selain itu, sistem penggerak menggunakan leadscrew T8 dengan mekanisme T-nut anti-*backlash* berpegas untuk mengurangi kelonggaran antara nut dan ulir sehingga pergerakan sumbu menjadi lebih stabil dan presisi.

Selain aspek mekanik, biaya pembuatan mesin CNC juga menjadi pertimbangan terutama untuk penggunaan pada bidang pendidikan dan penelitian.

Mesin CNC komersial umumnya memiliki harga yang relatif tinggi sehingga kurang terjangkau untuk kebutuhan skala kecil. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan sistem kontrol berbasis Arduino Uno dan firmware GRBL yang bersifat ekonomis serta mudah dikembangkan. Dengan pendekatan *low cost CNC*, alat yang dirancang diharapkan mampu memberikan alternatif mesin CNC Router PCB yang memiliki kemampuan pembuatan jalur, pengeboran, dan pemotongan PCB dengan biaya yang lebih terjangkau.

Dalam proses *milling* PCB, penentuan titik nol sumbu Z juga berpengaruh terhadap kualitas hasil *engraving*. Permukaan PCB yang tidak sepenuhnya rata dapat menyebabkan kedalaman pemotongan tidak seragam apabila hanya menggunakan satu titik referensi. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode *zeroing* dan *height mapping* untuk membantu menyesuaikan posisi sumbu Z terhadap variasi permukaan PCB sehingga kedalaman *engraving* dapat lebih merata.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini membahas perancangan dan pengembangan mesin CNC Router PCB 3 Axis berbasis Arduino Uno dan GRBL dengan konstruksi mekanik aluminium, sistem penggerak leadscrew T8 dengan T-nut anti-*backlash* berpegas, serta penerapan metode *zeroing* dan *height mapping*. Sistem yang dirancang diharapkan mampu menjadi alternatif mesin CNC Router PCB ekonomis yang memiliki kestabilan mekanik, ketelitian, dan konsistensi hasil untuk mendukung kebutuhan pendidikan, penelitian, maupun industri kecil.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun mesin CNC Router PCB 3 Axis berbasis Arduino Uno dan GRBL untuk proses *engraving*, pengeboran, dan pemotongan PCB?
2. Bagaimana merancang sistem mekanik CNC Router PCB menggunakan konstruksi aluminium dan mekanisme anti-*backlash* untuk meningkatkan kestabilan pergerakan sumbu?

3. Bagaimana menerapkan metode *zeroing* dan *height mapping* untuk menyesuaikan kedalaman *engraving* terhadap ketidakrataan permukaan PCB?
4. Bagaimana kinerja mesin CNC Router PCB berdasarkan ketelitian pergerakan sumbu, lebar jalur minimum, kedalaman *engraving*, waktu pengerjaan, kualitas jalur PCB, serta perbandingannya dengan metode manual?

1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu luas, batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Sistem CNC yang dirancang digunakan untuk proses milling PCB berbahan FR4 atau PCB standar yang meliputi proses *engraving* jalur, pengeboran (*drilling*), dan pemotongan outline PCB.
2. Sistem kontrol utama menggunakan Arduino Uno dengan firmware GRBL v1.1 untuk mengendalikan pergerakan motor *stepper* pada sumbu X, Y, dan Z berdasarkan perintah *G-code*.
3. Perancangan mekanik mesin difokuskan pada penggunaan konstruksi aluminium sebagai rangka utama serta *leadscrew* T8 dengan T-nut anti-*backlash* berpegas untuk meningkatkan kestabilan dan mengurangi pengaruh kelonggaran mekanik pada pergerakan sumbu.
4. Proses penyesuaian kedalaman *engraving* dilakukan menggunakan metode *zeroing* dan *height mapping* untuk membantu mengatasi variasi ketinggian permukaan PCB sehingga hasil jalur lebih seragam.
5. Pengujian kinerja mesin meliputi ketelitian pergerakan sumbu X, Y, dan Z, kemampuan menghasilkan lebar jalur minimum, kedalaman *engraving*, waktu pengerjaan, kualitas hasil PCB, serta perbandingan dengan metode manual (*etching*).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun mesin CNC Router PCB 3 Axis berbasis Arduino Uno dan GRBL untuk proses *engraving*, pengeboran, dan pemotongan PCB.
2. Merancang sistem mekanik CNC Router PCB dengan konstruksi aluminium dan mekanisme anti-*backlash* untuk meningkatkan kestabilan pergerakan sumbu.

3. Menerapkan metode *zeroing* dan *height mapping* pada beberapa titik untuk menyesuaikan kedalaman *engraving* terhadap ketidakrataan permukaan PCB.
4. Mengevaluasi kinerja mesin berdasarkan ketelitian pergerakan sumbu, lebar jalur minimum, kedalaman *engraving*, waktu pengerjaan, kualitas jalur PCB, serta perbandingannya dengan metode manual.

1.5 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan alternatif mesin CNC *Router* PCB ekonomis berbasis Arduino Uno dan GRBL untuk proses *engraving*, pengeboran, dan pemotongan PCB.
2. Meningkatkan kestabilan mekanik mesin melalui penggunaan konstruksi aluminium dan sistem T-nut anti-*backlash* berpegas pada mekanisme penggerak.
3. Membantu menghasilkan proses *engraving* PCB yang lebih konsisten melalui penerapan *zeroing* dan *height mapping*.
4. Mengurangi kesalahan akibat kelonggaran mekanik pada sistem penggerak sehingga pergerakan sumbu menjadi lebih stabil.
5. Menjadi referensi pengembangan mesin CNC *Router* PCB *low cost* untuk kebutuhan pendidikan, penelitian, dan industri kecil