

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat “*Rancang Bangun Mesin CNC Router untuk Pencetakan Jalur PCB Berbasis Arduino UNO*”, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Akurasi Pergerakan Sumbu XYZ

Terdapat beberapa nilai error sumbu yang mengalami peningkatan meskipun setelah dilakukan kalibrasi *travel resolution* ($\$100 = 80,1895$; $\$101 = 81,1209$; $\$102 = 400,9476$). Namun secara keseluruhan rata-rata mutlak error pergerakan sumbu menunjukkan penurunan yang signifikan dibandingkan sebelum kalibrasi.

2. Pengujian Desain PCB PTH

Pada pengujian desain PCB jenis PTH, diperoleh hasil bahwa jalur pada *titik a* menunjukkan lebar yang mendekati target, yaitu dengan rata-rata 0,4033 mm dan tingkat kesalahan sebesar 0,83%. Sementara itu, pada jalur *titik b* dan *c* terjadi pelebaran yang cukup signifikan dengan persentase error masing-masing mencapai 20,63% dan 253,33%. Adapun dimensi *panjang* dan *lebar* papan secara keseluruhan dapat dikatakan relatif akurat karena hanya memiliki tingkat error yang sangat kecil, yaitu kurang dari $\pm 0,6\%$.

3. Pengujian Desain PCB SMD

Pada pengujian desain PCB jenis SMD, jalur pada titik a menunjukkan hasil yang mendekati target dengan tingkat kesalahan sebesar -0,83%. Sementara itu, jalur pada titik b dan c mengalami pelebaran yang cukup besar dengan persentase error masing-masing sebesar 47,5% dan 190%. Secara keseluruhan, dimensi panjang dan lebar papan tetap menunjukkan akurasi yang baik karena tingkat error yang dihasilkan relatif kecil, yaitu kurang dari $\pm 0,6\%$.

4. Pengujian Desain PCB Gabungan

Pada pengujian desain PCB gabungan, jalur dengan ukuran besar ($\geq 0,8$ mm) menunjukkan hasil yang relatif akurat dengan tingkat error kurang dari 5%. Namun, jalur dengan ukuran kecil (0,4–0,5 mm) masih sulit dicapai karena menghasilkan error hingga -14,16%. Sementara itu, dimensi papan dengan panjang 69,76 mm dan lebar 53,29 mm menunjukkan tingkat ketelitian yang sangat baik, ditunjukkan oleh error yang sangat kecil yaitu kurang dari 0,2%.

5. Konektivitas Jalur PCB

Pada seluruh pengujian, konektivitas antarjalur terjaga dengan baik (semua jalur “*Terhubung*”), sehingga fungsi dasar rangkaian tetap tercapai meskipun terdapat deviasi lebar jalur.

6. Faktor Penyebab Deviasi

- a. Deviasi ukuran jalur PCB dipengaruhi oleh akurasi sistem mekanik, khususnya penggunaan timing belt pada sumbu X dan Y yang masih memiliki keterbatasan dalam menjaga konsistensi lebar jalur kecil.
- b. Faktor lain yang berpengaruh adalah pemilihan parameter FlatCAM (*Cut Z, overlap, tool diameter*) serta kondisi material body mesin yang menggunakan filamen plastik sehingga lebih lentur dibanding logam.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat “*Rancang Bangun Mesin CNC Router untuk Pencetakan Jalur PCB Berbasis Arduino UNO*”, berikut disampaikan beberapa saran untuk pengembangan dan penyempurnaan di masa mendatang:

1. Peningkatan Mekanik

Mengganti sistem penggerak timing belt dan rangka filamen ke bahan yang lebih solid untuk meningkatkan kestabilan pergerakan dan akurasi jalur berukuran kecil.

2. Optimasi Perangkat Lunak dan Parameter
 - a. Menyesuaikan parameter *Cut Z*, *overlap*, dan *feedrate* secara lebih presisi melalui uji coba tambahan untuk mengurangi pelebaran jalur.
 - b. Melakukan kalibrasi lebih lanjut pada parameter *Travel Resolution* (\$100-\$102) untuk Meningkatkan keakuratan gerak sumbu X, Y, dan Z.