

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Printed Circuit Board (PCB) merupakan komponen utama dalam hampir seluruh perangkat elektronik modern yang berfungsi sebagai media pendukung dan penghubung komponen elektronik secara mekanis dan elektrik. Seiring dengan perkembangan teknologi elektronik, desain dan struktur PCB semakin kompleks sehingga menuntut tingkat kualitas dan keandalan yang tinggi dalam proses produksinya. Salah satu aspek penting dalam proses produksi PCB adalah kemampuan mendeteksi cacat untuk memastikan keandalan perangkat elektronik yang dihasilkan.

Dalam proses produksi, deteksi cacat pada PCB menjadi tahapan yang sangat penting untuk menjamin kualitas produk elektronik. Cacat pada PCB dapat berupa komponen terbakar, sambungan solder yang tidak sempurna, jalur konduktor yang terputus, maupun komponen yang hilang. Cacat tersebut dapat menyebabkan gangguan fungsi perangkat, penurunan performa, bahkan kegagalan sistem secara keseluruhan apabila tidak terdeteksi sejak awal proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan sistem inspeksi yang mampu melakukan pemeriksaan PCB secara cepat, konsisten, dan akurat.

Perkembangan teknologi *Automatic Optical Inspection* (AOI) menjadi solusi dalam proses inspeksi PCB otomatis. Sistem AOI memanfaatkan integrasi antara sistem mekanik perpindahan PCB, sistem akuisisi citra, pencahayaan, pengolahan citra, serta mekanisme pergerakan linear untuk mendeteksi berbagai cacat PCB secara otomatis. Menurut penelitian Foncesa et al. (2024), sistem inspeksi visual PCB modern memanfaatkan *machine vision* dan *image processing* untuk meningkatkan efisiensi serta konsistensi inspeksi dibandingkan metode manual.

Pada implementasinya, PCB yang telah melewati proses Surface Mount Technology (SMT) masih sering diinspeksi secara manual pada station backhand. Metode ini memiliki keterbatasan karena sangat bergantung pada tingkat ketelitian, kondisi fisik, dan konsentrasi operator yang cenderung tidak stabil. Selain itu, faktor eksternal seperti perbedaan sudut pandang, jarak pengamatan,

dan intensitas pencahayaan dapat menyebabkan hasil inspeksi menjadi tidak konsisten. Oleh sebab itu, dibutuhkan sistem inspeksi visual otomatis yang mampu mendukung proses pengamatan PCB secara lebih stabil dan berulang.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan sistem *positioning* dan kendali gerak presisi pada sistem inspeksi visual mampu meningkatkan kestabilan proses akuisisi citra. Wang et al. (2018) mengembangkan sistem AOI berbasis *machine vision* dengan integrasi *three-axis positioning system*, CCD camera, dan linear motor untuk mendeteksi kualitas PCB secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *movement system* memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan pengambilan citra dan akurasi proses inspeksi (Wang et al., 2018).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Nava-Pintor et al. (2023) menunjukkan bahwa sistem aktuator linear berbasis motor *stepper* mampu melakukan *tracking* posisi secara *real-time* dengan tingkat presisi yang baik. Sistem *positioning* pada motor *stepper* sangat dipengaruhi oleh resolusi langkah (*step resolution*) dan sistem kendali yang digunakan untuk meminimalkan deviasi posisi saat proses perpindahan berlangsung. Menurut Patonra et al. (2020), motor *stepper* memiliki kemampuan *positioning* yang baik untuk sistem gerak presisi karena mampu bergerak berdasarkan jumlah langkah (*step*) yang terkontrol (Nava-Pintor et al., 2023; Patonra et al., 2020).

Sistem *positioning* motor *stepper* juga dapat dioptimalkan menggunakan teknik *micro-stepping*. Berdasarkan penelitian Tsai et al. (2023), penggunaan *Pulse Width Modulation* (PWM) pada motor *stepper* mampu meningkatkan resolusi gerak secara signifikan sehingga menghasilkan pergerakan yang lebih halus, minim getaran, dan memiliki *respons* yang lebih cepat. Dengan demikian, sistem *stepper* dapat menghasilkan perpindahan posisi yang lebih stabil untuk mendukung proses inspeksi visual otomatis (Tsai et al., 2023).

Untuk mengimplementasikan mekanisme pergerakan motor agar dapat bekerja secara *real-time* dan bergerak dinamis menuju posisi target, diperlukan mikrokontroler dengan performa yang stabil. Salah satu mikrokontroler yang dapat digunakan adalah Arduino ATmega2560 sebagai unit pemroses utama. Mukminin dan Effendi (2018) menjelaskan bahwa mikrokontroler ini mampu

mengelola instruksi pergerakan motor *stepper* secara *real-time* serta mendukung integrasi sistem *positioning* dengan tingkat presisi yang baik (Mukminin & Effendi, 2018).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas implementasi sistem *positioning*, movement system, dan kendali motor *stepper* pada sistem inspeksi visual, sebagian besar penelitian masih berfokus pada proses pengolahan citra atau sistem *positioning* berbasis industri yang relatif kompleks. Selain itu, metode inspeksi yang digunakan umumnya masih bersifat statis (*step-and-wait*), yaitu sistem harus berhenti terlebih dahulu sebelum proses pengambilan citra dilakukan sehingga proses inspeksi menjadi kurang efisien dan tidak mendukung pemantauan secara terus-menerus.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan mekanisme pergerakan *linear* motor *stepper* berbasis Arduino yang terintegrasi dengan sistem inspeksi visual otomatis PCB. Sistem dirancang untuk memindahkan *unit mount* PCB menuju beberapa titik inspeksi secara stabil dan presisi tanpa menghentikan proses *live-stream video* selama perpindahan berlangsung. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi, konsistensi, dan kestabilan proses inspeksi visual PCB secara otomatis.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perumusan masalah yang diperoleh yaitu:

- 1) Bagaimana merancang sistem mekanik *pallet transfer system* sebagai media perpindahan *unit mount* PCB pada proses inspeksi visual otomatis?
- 2) Bagaimana mengatur posisi motor *stepper* agar dapat bergerak secara linear untuk memindahkan *unit mount* PCB menuju area inspeksi visual?
- 3) Bagaimana mengatur kecepatan motor *stepper* berbasis Arduino agar pergerakan *unit mount* PCB dapat berlangsung stabil dan berulang?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pembuatan proyek akhir ini adalah:

- 1) Sistem inspeksi dirancang hanya untuk satu jenis PCB dengan ukuran dan layout tetap agar sistem mekanikal dan pergerakan linear dapat bekerja secara presisi dan berulang.
- 2) Proses inspeksi dilakukan pada kondisi pencahayaan terkontrol yang ditentukan oleh posisi dan konstruksi mekanikal lampu untuk menjaga konsistensi hasil pengambilan citra.
- 3) Jenis cacat PCB meliputi, bentuk dan luas area, komponen hilang/lepas, solderan tidak sempurna, serta kerusakan visual.
- 4) Sistem Arduino difungsikan sebagai pengendali utama kendali linear motor *stepper* untuk mengatur pergerakan PCB, bukan sebagai pengolah citra.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Merancang sistem mekanik *pallet transfer system* sebagai media perpindahan *unit mount* PCB pada proses inspeksi visual otomatis.
- 2) Mengatur posisi motor *stepper* agar dapat bergerak secara linear untuk memindahkan *unit mount* PCB menuju area inspeksi visual.
- 3) Merancang mekanisme pengaturan kecepatan motor *stepper* berbasis Arduino agar pergerakan *unit mount* PCB dapat berlangsung secara stabil dan berulang.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- 1) Memberikan alternatif sistem inspeksi otomatis yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemeriksaan manual pada PCB.
- 2) Meningkatkan ketelitian, menghemat waktu dan konsistensi hasil inspeksi PCB.
- 3) Mendukung pengembangan sistem otomasi dalam proses inspeksi visual berbasis motor *stepper* dan sistem kendali.