

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Revolusi industri 4.0 telah membawa transformasi besar dalam dunia manufaktur, dengan menekankan pada otomatisasi sistem, pertukaran data, dan integrasi sistem cerdas. Dalam konteks ini, sistem robotik berperan penting dalam menggantikan pekerjaan *manual* yang berulang, berisiko tinggi, serta memerlukan tingkat presisi tinggi. Salah satu proses penting dalam industri manufaktur elektronik adalah penyolderan komponen pada papan sirkuit tercetak (PCB), yang membutuhkan presisi posisi, kestabilan suhu, serta konsistensi proses secara keseluruhan [1]. Meskipun demikian, proses soldering secara manual masih banyak digunakan pada sektor industri kecil dan menengah karena keterbatasan biaya investasi otomasi.

Proses *soldering* secara *manual* masih banyak digunakan pada sektor industri kecil dan menengah. Proses ini tidak hanya menuntut keterampilan tinggi, tetapi juga rentan terhadap kesalahan manusia (*human error*) seperti ketidaktepatan penempatan solder, suhu solder yang fluktuatif, hingga kelelahan operator akibat pekerjaan berulang. Menurut data *Occupational Safety and Health Administration*, sekitar 27% cacat produk elektronik disebabkan oleh kesalahan saat penyolderan *manual*, dan 15% pekerja dilaporkan mengalami gangguan kesehatan akibat paparan asap timbal dan senyawa kimia berbahaya selama proses penyolderan[2]. Fakta ini menegaskan pentingnya penerapan teknologi otomasi dalam proses soldering.

Untuk mengatasi masalah ini, lengan robot dengan jenis *SCARA* (*Selective Compliance Assembly Robot Arm*) dapat menjadi solusi untuk sistem soldering otomatis. Robot *SCARA* memiliki struktur dua sumbu rotasi horizontal dan satu translasi vertikal yang membuatnya ideal untuk pekerjaan dalam bidang datar, seperti proses pick and place, perakitan, dan penyolderan komponen. Struktur mekaniknya memberikan kekakuan pada sumbu Z dan *fleksibilitas* di bidang X-Y,

memungkinkan gerakan cepat dan presisi tinggi. Robot *SCARA* memiliki getaran 60% lebih rendah pada sumbu vertikal dibandingkan robot lengan artikulasi, sehingga lebih stabil untuk aplikasi solder presisi tinggi[3]. Agar gerakan end-effector dapat dihitung dan dikendalikan secara akurat menuju koordinat yang diinginkan, diperlukan penerapan metode forward kinematics yang memetakan parameter sendi (sudut rotasi dan translasi aktuator) menjadi posisi kartesian (x , y , z) secara sistematis menggunakan pendekatan Denavit–Hartenberg[4]. Tanpa perhitungan forward kinematics yang tepat, validitas lintasan gerak end-effector tidak dapat diverifikasi sehingga risiko kesalahan posisi pada proses soldering tetap tinggi.

Penelitian terdahulu pada robot *SCARA* 4 DOF umumnya berfokus pada penyelesaian inverse kinematics menggunakan pendekatan kecerdasan buatan maupun optimisasi, seperti penggunaan algoritma optimisasi untuk menurunkan persamaan forward dan inverse kinematics *SCARA* secara matematis [5], serta penerapan kendali nonlinier berbasis model dengan analisis kinematik dan dinamik pada *SCARA* 4 DOF [4]. Pendekatan lain memanfaatkan estimasi koordinat secara real-time berbasis visi dan triangulasi laser untuk memverifikasi posisi end-effector pada aplikasi perbaikan PCB[6], yang menambah kebutuhan perangkat sensor tambahan dan beban komputasi. Di sisi lain, implementasi forward kinematics pada platform mikrokontroler berbiaya rendah seperti Arduino, yang diintegrasikan langsung dengan sistem kendali suhu soldering iron secara real-time, belum banyak dibahas dalam penelitian-penelitian tersebut. Kesenjangan inilah yang menjadi novelty pada penelitian ini, yaitu penerapan forward kinematics pada robot *SCARA* 4 DOF berbasis Arduino Mega 2560 yang diintegrasikan dengan kendali suhu soldering iron menggunakan sensor termokopel tipe-K, tanpa memerlukan sensor visi maupun algoritma optimisasi tambahan, sehingga sistem tetap sederhana namun tetap presisi dan dapat diandalkan.

Berdasarkan fenomena, masalah, urgensi, dan gap penelitian yang telah diuraikan, penulis mengangkat judul penelitian “Rancang Bangun Robot Soldering *SCARA* 4 DOF Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Metode Kinematik” sebagai

solusi otomasi pada proses soldering PCB di sektor industri kecil dan menengah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan perhitungan forward kinematics pada robot SCARA 4 DOF agar dapat menentukan posisi end-effector secara akurat dan berulang, sekaligus mengintegrasikannya dengan sistem kendali suhu soldering iron, sehingga dapat mengurangi risiko keselamatan kerja serta meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses soldering PCB.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana merancang prototipe robot *SCARA 4 DOF* berbasis Arduino Mega 2560?
- b. Bagaimana mengintegrasikan robot *SCARA 4 DOF* berbasis Arduino Mega 2560 untuk pengaplikasian *soldering* PCB?
- c. Bagaimana mengimplementasikan sistem *teaching* dan *manual* menggunakan *Rotary Encoder KY-040* pada kontrol *motor stepper* berbasis Arduino Mega 2560?

1.3. Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tugas akhir ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Menghasilkan prototipe robot *SCARA 4 DOF* berbasis Arduino Mega 2560.
- b. Mengimplementasikan prototipe robot *SCARA* berbasis Arduino Mega 2560 untuk proses *soldering* PCB.
- c. Mengimplementasikan sistem *teaching* dan *manual* menggunakan *Rotary Encoder KY-040* pada kontrol *motor stepper* berbasis Arduino Mega 2560.

1.4. Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari pembuatan proyek Tugas Akhir ini adalah:

- a. Menambah wawasan tentang logika kinematic pada robot lengan dengan tipe *SCARA*.
- b. Meningkatkan efisiensi dan akurasi proses *soldering* PCB.

- c. Memberikan referensi bagi pengembang untuk menciptakan robot lengan berbasis *SCARA* yang lebih cerdas dan efisien.

1.5. Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada proyek Tugas Akhir ini adalah:

- a. Robot *SCARA 4 DOF* terdiri dari dua *Joint* rotasi, satu *Joint* linear, dan satu *end-effector*.
- b. Metode yang digunakan pada alat ini hanya berfokus pada sistem *teaching* dan *manual* dalam kontrol *stepper motor nema 17* berbasis Arduino Mega 2560.
- c. *Soldering iron* yang digunakan berdaya 60W dengan rentang kerja 250-400°C.
- d. *Soldering iron* ini hanya digunakan untuk proses soldering timah tembaga pada PCB.
- e. Pengoperasian robot *SCARA 4 DOF* ini menggunakan dua mode operasi yaitu *teaching mode* dengan kapasitas 50 *Waypoint* dan *manual mode* dengan kecepatan maksimal 4000 langkah per detik.
- f. Pergarakan robot *SCARA 4 DOF* ini dibatasi pergerakan putar pada poros gerakannya sebesar 180° kekiri dan 180° kekanan menggunakan *limit switch*.

1.6. Sistematika Tugas Akhir

Demi terwujudnya suatu penulisan yang baik, maka diperlukan adanya sistematika penulisan. Sistematika dari tugas akhir ini sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat tugas akhir, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II. DASAR TEORI

Berisikan mengenai teori - teori dasar yang mendukung pada topik penelitian

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang penjelasan dari tempat dan waktu penelitian, diagram blok sistem, gambar 3D, spesifikasi dan teknik fabrikasi pada pembuatan tugas akhir.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang data serta analisis berdasarkan hasil pengujian dari *Lawn mower* dengan kecepatan adaptif yang telah dirancang.

BAB V. PENUTUP

Berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian terdapat referensi penulisan serta sumber yang dikutip oleh penulis.

LAMPIRAN

Pada bagian ini berisi hal-hal sisipan dan keterangan oleh penulis yang berisikan dokumentasi dan datasheet.