

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi manufaktur global berlangsung seiring dengan meningkatnya kebutuhan terhadap efisiensi produksi, produktivitas, dan daya saing industri. Kondisi tersebut mendorong industri untuk mengadopsi teknologi robotika dan otomatisasi dalam berbagai kegiatan produksi. Berdasarkan laporan *International Federation of Robotics* (IFR), jumlah robot industri yang beroperasi di fasilitas manufaktur di seluruh dunia telah mencapai lebih dari 4 juta unit, dengan pemasangan robot industri secara global pada tahun 2023 mencapai lebih dari 500 ribu unit [1], [2]. Hal tersebut menunjukkan bahwa robot industri telah menjadi salah satu bagian penting dalam perkembangan sistem manufaktur modern.

China menjadi salah satu contoh negara dengan perkembangan penerapan robot industri yang sangat pesat. Berdasarkan data IFR, pada tahun 2023 China memasang sebanyak 276.288 unit robot industri atau sekitar 51% dari seluruh instalasi robot industri secara global, sementara jumlah robot industri yang beroperasi di fasilitas manufakturnya telah mendekati 1,8 juta unit [2], [3]. Peningkatan penggunaan robot dan otomatisasi dapat mendukung produktivitas serta perkembangan kegiatan ekonomi melalui peningkatan efisiensi proses produksi dan kemampuan industri dalam menghasilkan produk bernilai tambah [4]. Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa teknologi robotika tidak hanya digunakan untuk menggantikan pekerjaan manual, tetapi juga menjadi bagian dari strategi pengembangan industri yang semakin mengandalkan teknologi dan inovasi.

Perkembangan otomatisasi tersebut kemudian mendorong munculnya konsep manufaktur dengan tingkat otomatisasi yang semakin tinggi, salah satunya *dark factory* atau *lights-out manufacturing*. Konsep *dark factory* menggambarkan fasilitas produksi yang sebagian besar atau seluruh proses

produksinya dijalankan oleh mesin, robot, dan teknologi digital dengan intervensi manusia yang sangat minimal [5]. Konsep tersebut menjadi salah satu gambaran perkembangan manufaktur pada era Industry 4.0, ketika integrasi robotika, sistem digital, dan teknologi otomasi semakin diperluas dalam lingkungan produksi [5], [6]. Pekerjaan yang bersifat berulang dan memiliki urutan gerakan yang dapat ditentukan sebelumnya, seperti perakitan, pemindahan komponen, penanganan material, dan pemasangan komponen, merupakan jenis pekerjaan yang sesuai untuk dikembangkan menggunakan teknologi robotik [6].

Salah satu pekerjaan manufaktur yang memiliki karakteristik berulang adalah proses pemasangan baut. Proses tersebut melibatkan pergerakan alat menuju posisi baut, penyesuaian posisi, dan gerakan pengencangan yang dilakukan secara berulang pada beberapa titik pemasangan. Penelitian mengenai penerapan lengan robot untuk *automatic screwing* menunjukkan bahwa manipulator robotik dapat dikembangkan untuk menjalankan proses pemasangan baut secara berulang dan terstruktur [7]. Perkembangan teknologi robot untuk pengencangan baut juga menunjukkan bahwa proses tersebut merupakan salah satu aplikasi robotik yang berkembang dalam lingkungan manufaktur [8].

Dalam pengembangan sistem robotik untuk proses pemasangan baut, lengan robot dengan beberapa derajat kebebasan dapat digunakan untuk menghasilkan kombinasi gerakan yang diperlukan dalam mencapai posisi kerja. Konfigurasi 4 DOF merupakan salah satu konfigurasi lengan robot yang dapat digunakan untuk melakukan manipulasi objek dan menghasilkan pergerakan pada beberapa sumbu. Penelitian Irwan dan Alauddin (2022) mengenai sistem kendali lengan robot 4 DOF menunjukkan penerapan konfigurasi tersebut untuk melakukan tugas pemindahan barang [9]. Selain konfigurasi mekanik, sistem kendali merupakan bagian penting dalam pengembangan lengan robot. Penelitian mengenai rancang bangun lengan robot *pick and place* 6 axis menunjukkan bahwa Arduino Mega 2560 dapat digunakan sebagai bagian dari

sistem kendali lengan robot dengan beberapa aktuator [10]. Hal tersebut menjadi salah satu dasar pemilihan Arduino Mega 2560 dalam penelitian ini, khususnya untuk mengendalikan beberapa aktuator dan perangkat pendukung dalam satu sistem.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem lengan robot 4 DOF untuk proses pemasangan baut berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560. Sistem yang dirancang menggunakan motor stepper sebagai aktuator dan sensor posisi AS5600 untuk memperoleh informasi sudut pada masing-masing *joint*. Sistem juga dilengkapi dengan fungsi *teaching* yang memungkinkan operator menentukan dan menyimpan posisi gerakan sebagai *waypoint*. Posisi yang telah disimpan selanjutnya dapat dijalankan kembali melalui fungsi *replay* atau *autoplay*. Fungsi tersebut merupakan bentuk pengulangan gerakan pada tingkat sistem prototipe dan tidak dimaksudkan untuk mengklaim bahwa sistem yang dikembangkan telah mencapai penerapan *dark factory* secara penuh.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya didapatkan perumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana merancang sistem kendali *arm robot* 4 DOF yang mampu melakukan proses pemasangan baut (*screwing*) pada posisi yang ditentukan melalui *input* antarmuka?
- b. Bagaimana sinkronisasi data posisi sudut dari *encoder* secara *real-time* dengan antarmuka pada sistem *teaching* dapat memastikan kesesuaian posisi lengan robot selama proses *screwing*?
- c. Bagaimana mekanisme kontrol dan sistem sensor dapat diintegrasikan pada lengan robot untuk mendukung proses *screwing*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang dan mengimplementasikan sistem kendali pada lengan robot 4 DOF yang mampu melakukan proses pemasangan baut (*screwing*) pada posisi yang telah ditentukan melalui *input* dari antarmuka.
- b. Membuat metode sinkronisasi data posisi sudut dari sensor *encoder* secara *real-time* dengan antarmuka pada sistem *teaching* untuk memastikan kesesuaian pergerakan lengan robot selama proses *screwing*.
- c. Mengimplementasikan integrasi fungsi kontrol dan sistem sensor pada lengan robot untuk mendukung proses *screwing*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan konsistensi pemasangan baut.
- b. Mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dalam proses pemasangan baut.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini, penulis menetapkan beberapa batasan masalah agar penelitian dapat lebih terarah dan fokus. Batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Pada perancangan ini, *arm robot* hanya memiliki 4 *Degree of Freedom* (DOF) dan menggunakan aktuator elektrik (motor stepper).
- b. Sistem kontrol dan teaching hanya dilakukan melalui aplikasi *GUI* berbasis *Python (tkinter)* dengan komunikasi serial COM Port.
- c. Sistem ini tidak mencakup perancangan struktur mekanik secara detail (seperti analisis tegangan dan getaran pada lengan robot), namun hanya berfokus pada sistem elektronik dan kendali gerakan.
- d. Sistem hanya berfungsi sebagai modul demonstrasi teaching dan pemasangan baut, tidak mencakup pemetaan lintasan (*path planning*), atau integrasi sistem visi berbasis kamera.

- e. Sistem ini dirancang secara spesifik untuk menangani proses *screwing*, dengan batasan operasional hanya pada baut berukuran M6.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Dalam penulisan laporan tugas akhir disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, serta batasan masalah yang dibahas dalam topik tugas akhir yang diangkat.

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang teori yang mendukung kajian topik utama yang diangkat.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang metode yang digunakan pada penelitian.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Berisi tentang hasil pengujian dan analisa dari alat yang telah diujikan.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari alat yang telah diterapkan