

ABSTRAK

Perkembangan otomasi industri menuntut sistem pengemasan yang mampu bekerja secara presisi dan konsisten sehingga pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan sebuah robot *five bar* yang dikonfigurasi secara vertikal untuk aplikasi pengemasan produk. Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem robot *five bar* yang mampu melakukan proses *pick and place* objek ke dalam kotak pengemasan secara otomatis dengan pola dua kolom dan tiga baris (*grid 2×3*). Robot dirancang bergerak pada sumbu X dan Z menggunakan metode *inverse kinematik* untuk menentukan sudut motor berdasarkan koordinat target *end effector*, sedangkan pergerakan kotak pada sumbu Y dibantu oleh sistem konveyor yang dikendalikan menggunakan sensor *proximity* dan *limit switch*. Implementasi sistem dilakukan menggunakan motor *stepper*, mikrokontroler, serta *suction cup* sebagai *end effector*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *homing* menghasilkan *error* posisi sebesar 2 mm pada sumbu X dan 0 mm pada sumbu Z, sementara pengujian akurasi posisi *end effector* pada beberapa titik target menghasilkan rata-rata *error* sebesar $\pm 2\text{--}5$ mm pada sumbu X dan $\pm 0\text{--}3$ mm pada sumbu Z. Integrasi robot dengan konveyor terbukti mampu mengatasi keterbatasan ruang gerak robot pada sumbu Y, sehingga proses penyusunan objek ke dalam kotak dapat dilakukan secara berurutan dan kontinyu tanpa kegagalan selama pengujian. Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian tersebut, sistem robot *five bar* vertikal yang dikendalikan menggunakan metode *inverse kinematik* dinilai mampu memenuhi tujuan penelitian dan layak diterapkan untuk aplikasi pengemasan sederhana.

Kata kunci: Robot *five bar*, pengemasan, *inverse kinematik*, *pick and place*, konveyor

ABSTRACT

The development of industrial automation demands packaging systems that can operate with high precision and consistency. Therefore, this study designs and realizes a vertically configured five-bar robot for product packaging applications. The objective of this research is to develop a five-bar robotic system capable of performing an automatic pick-and-place process to arrange objects into a packaging box with a two-column and three-row pattern (2×3 grid). The robot is designed to move along the X and Z axes using the inverse kinematics method to determine the motor angles based on the end-effector target coordinates, while the movement of the box along the Y axis is assisted by a conveyor system controlled using proximity sensors and limit switches. The system implementation utilizes stepper motors, a microcontroller, and a suction cup as the end effector. The experimental results show that the homing system produces a position error of 2 mm on the X axis and 0 mm on the Z axis. Meanwhile, the accuracy test of the end effector at several target points results in an average error of approximately ± 2 –5 mm on the X axis and ± 0 –3 mm on the Z axis. The integration of the robot with the conveyor system successfully overcomes the robot's limited workspace along the Y axis, enabling the object arrangement process inside the box to be performed sequentially and continuously without failure during testing. Based on the design and testing results, the vertically configured five-bar robot controlled using the inverse kinematics method is considered capable of achieving the research objectives and is feasible for simple packaging applications.

Keywords: *Five-bar robot, packaging, inverse kinematics, pick and place, conveyor.*