

PENGEMBANGAN *AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM (AS/RS) DENGAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DAN *INTERFACE HMI* BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Tugas Akhir

disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

oleh

Agnia Hanifah

220441002



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

PENGEMBANGAN *AUTOMATED STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM (AS/RS) DENGAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DAN *INTERFACE HMI* BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Oleh:

Agnia Hanifah

220441002

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 05 Agustus 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



Ruminto Subekti, S.S.T., M.T.

NIP 196510141989031002

Pembimbing II,



Nur Jamiludin Ramadhan. S.Tr., M.T.

NIP 199402272020121005

Disahkan,

Penguji I,



Dr. Ing. Yuliadi Erdani,
M.Sc.

NIP 196807021997021001

Penguji II,



Muhammad Nursyam Rizal,
S.Tr.T., M.Sc.

NIP 199503012024061001

Penguji III,



Nur Wisma Nugraha, S.T.,
M.T.

NIP 197406092003121002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agnia Hanifah
NIM : 220441002
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan *Automated Storage and Retrieval System (AS/RS)* dengan Algoritma *Particle Swarm Optimization* dan *Interface HMI* berbasis Mikrokontroler Arduino

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 15 – 07 – 2024

Yang Menyatakan,

Agnia Hanifah

NIM 220441002

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agnia Hanifah
NIM : 220441002
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan *Automated Storage and Retrieval System (AS/RS)* dengan *Algoritma Particle Swarm Optimization* dan *Interface HMI* berbasis Mikrokontroler Arduino

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 15 – 07 – 2024

Yang Menyatakan,

Agnia Hanifah

NIM 220441002

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di Indonesia mendorong peningkatan efisiensi perusahaan melalui sistem otomatisasi gudang, seperti *Automated Storage and Retrieval System* (AS/RS). Penelitian ini mengembangkan AS/RS menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan antarmuka HMI berbasis mikrokontroler Arduino untuk mengoptimalkan penyimpanan dan pengambilan barang. Hasilnya menunjukkan bahwa PSO secara signifikan mengurangi jarak dan waktu tempuh, dengan contoh pengurangan jarak dari 1873 mm menjadi 1270 mm dan waktu tempuh dari 2 menit 33 detik menjadi 2 menit 14 detik. Selain itu, penggunaan *motion control* dalam AS/RS menghasilkan stabilitas getaran yang lebih baik, dengan puncak getaran mencapai 45 m/s^2 dan kontrol getaran yang lebih konsisten dibandingkan tanpa *motion control*. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi PSO dan *motion control* dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam operasi gudang otomatis, dengan PSO menunjukkan kemampuan yang efisien dalam mengoptimalkan parameter perjalanan dalam berbagai kondisi dan kasus.

Kata kunci: Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Automated Storage and Retrieval System* (AS/RS), Efisiensi Operasional, Gudang, Teknologi Otomasi

ABSTRACT

Technological advancements in Indonesia are driving increased efficiency in companies through warehouse automation systems like Automated Storage and Retrieval System (AS/RS). This study developed an AS/RS using Particle Swarm Optimization (PSO) and an HMI interface based on Arduino microcontroller to optimize storage and retrieval operations. Results show that PSO significantly reduces distance and travel time, with an example reduction from 1873 mm to 1270 mm and travel time from 2 minutes 33 seconds to 2 minutes 14 seconds. Additionally, the use of motion control in AS/RS resulted in better vibration stability, with peak vibrations reaching 45 m/s² and more consistent control compared to without motion control. This research demonstrates that integrating PSO and motion control can enhance efficiency and accuracy in automated warehouse operations, with PSO proving to be effective in optimizing travel parameters across various conditions and scenarios.

Kata kunci: *Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm, Automated Storage and Retrieval System (AS/RS), Operational Efficiency, Warehouse, Automation Technology*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di perusahaan Indonesia, baik produksi maupun jasa, semakin pesat. Persaingan yang ketat mendorong perusahaan untuk meningkatkan kinerja dan memberikan pelayanan terbaik bagi konsumen. Keberadaan gudang sangat penting sebagai pusat penyimpanan dan distribusi, memastikan ketersediaan barang yang efisien dan tepat waktu [1]. Gudang adalah fasilitas pendukung operasi industri untuk menyimpan bahan baku, produk jadi [2]. Pergudangan harus mengatur barang sesuai jenis, ukuran, berat, dan sifatnya untuk menghindari gangguan, sehingga proses keluar masuk barang dapat efektif dan efisien [3].

Beberapa permasalahan yang disebabkan oleh sistem pengaturan pada gudang yang tidak tertata dengan baik menyebabkan pencatatan, penyimpanan, dan pengambilan barang masih belum tertata [4]. Penyimpanan manual dengan mesin pengangkat barang berisiko tinggi mengalami kerusakan akibat kecelakaan kerja, seperti alat bantu menabrak rak atau kelalaian manusia [5]. Peningkatan variasi produk akan meningkatkan beban kerja operator. Hal ini dapat menyebabkan kesalahan manusia, yang dapat berakibat pada ketidakakuratan data atau hilangnya barang [6]. Peningkatan efisiensi dalam proses pengambilan pesanan sering kali dicapai dengan mengurangi jarak yang harus ditempuh, yang pada gilirannya mempersingkat waktu perjalanan ke lokasi pengambilan [7].

Gudang manual tidak mendukung kebutuhan saat ini. Gudang modern dengan fasilitas data dan otomatisasi sangat diperlukan. Gudang otomatis ini signifikan meningkatkan kecepatan proses pengiriman barang dan akuisisi data [8]. Kinerja yang lebih tinggi dan sehingga, dibuatlah Penyimpanan Otomatis dan Sistem Pengambilan (AS/RS) semakin populer dan banyak menggantikan gudang manual [9].

Sistem Penyimpanan dan Pengambilan Otomatis (ASRS) adalah sebuah sistem yang dirancang untuk menyimpan dan mengambil suatu barang secara otomatis pada rak penyimpanan [10]. AS/RS adalah contoh aplikasi kontrol gerak dalam

manajemen gudang, menggunakan crane atau robot arm untuk otomatis menyimpan dan mengambil barang. Sistem ini harus menjaga stabilitas dan akurasi gerakan, terutama pada kecepatan konstan atau percepatan, untuk memastikan barang ditangani dengan aman dan efisien [11], [12].

Penelitian menunjukkan bahwa penerapan AS/RS berdampak signifikan pada operasi gudang, meningkatkan kecepatan, kapasitas, akurasi, dan penggunaan ruang. Penelitian ini mengumpulkan bukti empiris sebelum dan setelah implementasi AS/RS [13]. Selanjutnya penelitian dengan judul “*Data-driven decision support system for managing item allocation in an ASRS: A framework development and a case study*” mengatakan bahwa *Metode Association Rule Mining* yang diusulkan baru dalam konteks ini dan telah menunjukkan dampak positif dibandingkan dengan solusi manajemen gudang tradisional, memberikan gambaran lengkap tentang interaksi item dan mengidentifikasi komunitas item yang mendefinisikan pola lokal dan global dan menemukan entitas berpengaruh[14].

Namun penelitian ini juga masih terdapat kekurangan yakni belum diterapkannya algoritma untuk mempelajari kebijakan pengalokasian lokasi penyimpanan yang memperpendek jarak perjalanan dan membandingkan beberapa kebijakan alokasi tempat penyimpanannya[15].

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya dapat dicermati dan diperbaiki serta digabungkan menjadi sebuah rancangan sistem dengan penggunaan metode algoritma yang dapat menyelesaikan permasalahan optimization dan decision khususnya pada sistem AS/RS[16]. *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah algoritma cerdas swarm, terinspirasi dari *flocking* burung atau sekolah ikan untuk memecahkan masalah optimasi *nonlinear, nonconvex* atau kombinatorial yang muncul di banyak bidang ilmu pengetahuan dan teknik[17]. Bertujuan bahwa mesin harus melakukan perjalanan di jalur terpendek dan harus menyelesaikan siklus dalam waktu sesingkat mungkin, dengan mengoptimalkan rute [18]. Maka dari itu diajukan sebuah penelitian dengan judul “*Pengembangan Automated Storage and Retrieval System (AS/RS) dengan Algoritma Particle Swarm Optimization dan Interface HMI Berbasis Mikrokontroler Arduino*” untuk meningkatkan efisiensi penyimpanan atau pengambilan barang pada gudang dengan mengoptimalkan

urutan perpindahan objek dan jalur lintasannya dengan pendekatan yang lebih efektif.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, berikut rumusan masalah yang dapat diidentifikasi dalam beberapa pernyataan berikut:

1. Bagaimana implementasi metode algoritma *particle swarm optimization* dalam perencanaan jalur?
2. Bagaimana penerapan *motion control* pada kendali kecepatan pergerakan AS/RS?
3. Bagaimana validitas dan *output* dari penerapan *motion control*?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Rancangan ini mempunyai 4 rak modul dan 4 sub-rak di setiap modul atau total raknya berjumlah 16 rak.
2. Ukuran benda yang disimpan bersifat homogen (tetap) dan mempunyai dimensi maksimal 67 mm x 137 mm x 37 mm.
3. Setiap benda dan rak sudah mempunyai alamat yang sudah di tentukan.
4. Penerapan *motion control* untuk memperhalus pergerakan jalur sumbu X.
5. Kondisi ruang lingkup pada lintasan statis atau tidak terdapat *obstacle*.
6. *Loading lifter* akan membawa sekaligus 4 barang menuju 4 alamat berbeda
7. *Path planning* hanya bergerak ke 4 titik atau 4 alamat kota tujuan.
8. Matriks alamat pada pergerakan yaitu 4x4.
9. Tampilan dari sistem menggunakan HMI.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Dalam rangka tugas akhir ini, memiliki sejumlah tujuan yang ingin dicapai. Pertama, akan melakukan implementasi metode algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam konteks perencanaan jalur pada *Automated Storage and Retrieval System* (AS/RS). Hal tersebut untuk meningkatkan efisiensi dan

keefektifan pergerakan produk dalam AS/RS, yang pada akhirnya akan mengoptimalkan proses penyimpanan dan pengambilan barang. Kedua, akan mengimplementasikan sistem *motion control* di dalam AS/RS untuk meningkatkan kecepatan pergerakan. Hal ini akan membantu dalam mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mengakses dan mengambil barang dari penyimpanan, yang sangat penting dalam lingkungan logistik yang kompetitif.

Pada tugas akhir ini, diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam proses pembelajaran dengan menyediakan materi yang relevan, interaktif, dan dapat meningkatkan pemahaman serta keterampilan mahasiswa dalam bidang ini. Terutama bagi mahasiswa khususnya jurusan Teknik Rekayasa Otomasi Manufaktur dan Mekatronika.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV BIAYA DAN JADWAL KEGIATAN, berisi rancangan jadwal kegiatan TA dan rincian anggaran biaya untuk penyelesaian TA.