1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini revolusi industri telah mencapai era ke-empat yang ditandai dengan peningkatan konektivitas, interaksi antara masyarakat, mesin, dan sumber daya lainnya. Hal ini telah mempengaruhi seluruh rantai nilai industri, menciptakan model bisnis baru secara digital untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi dan kualitas produk yang lebih baik (Ministry of Industry, n.d.). Perkembangan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), manufaktur digital, dan analisis data besar dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi serta inovasi-inovasi baru.

Maka dari itu, Indonesia berkomitmen untuk membangun industri manufaktur yang berdaya saing global melalui percepatan implementasi Industri 4.0. Hal ini ditandai dengan peluncuran *Making Indonesia* 4.0 sebagai sebuah *roadmap* dan strategi Indonesia memasuki era digital yang tengah berjalan saat ini. Implementasi Industri 4.0 tersebut bertujuan untuk menciptakan pertumbuhan ekonomi yang lebih berkelanjutan (Satya, 2018).

Program *Making Indonesia* 4.0 ini mencakup berbagai aspek, seperti dorongan untuk melakukan penelitian dan pengembangan, serta upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia. Kesuksesan implementasi program *Making Indonesia* 4.0 bergantung pada masyarakat dalam mengadopsi teknologi baru dan berinovasi. Pendidikan dalam membentuk SDM yang mampu beradaptasi dalam menghadapi perubahan teknologi menjadi salah satu hal penting yang perlu diperhatikan. Seiring dengan perkembangan Industri 4.0, kurikulum pendidikan diperbarui untuk mencakup materi yang relevan dengan teknologi terkini. Hal ini mencakup pemahaman mendalam tentang konsep-konsep seperti AI, IoT, dan analisis data besar, sehingga masyarakat dapat menghadapi revolusi industri.

Dalam hal ini, laboratorium Elektronika mempersiapkan sebuah modul pembelajaran bagi peserta didik. Pembelajaran ini berupa modul praktikum yang terkait dengan penggunaan Dobot Magician. Modul praktikum ini akan berkaitan dengan pemanfaatan Dobot Magician dalam fungsi *pick and place. Pick and place* merupakan salah satu fungsi robot yang digunakan dalam dunia industri pada saat ini. Robot *pick and place* adalah jenis robot yang dirancang khusus untuk mengambil objek dari satu lokasi dan menempatkannya ke lokasi lain sesuai dengan kebutuhan produksi. Pada saat ini sistem pemilahan produk yang masih banyak diterapkan pada pabrik-pabrik sekarang adalah sistem pemilahan secara manual. Sistem pemilahan ini merupakan

pekerjaan yang dilakukan secara berulang dan membutuhkan ketelitian serta ketepatan (Soesanto, 2023). Proses pemilahan manual ini bisa menjadi tugas yang melelahkan dan rentan terhadap kesalahan manusia, terutama jika dilakukan secara berulang dan dalam jangka waktu yang lama. Solusi yang diberikan adalah dengan menggunakan teknologi robot manipulator untuk meningkatkan efisiensi pemilahan, mengurangi kesalahan manusia, dan meringkankan kerja manusia.

Sistem terkait dengan proses penyortiran warna menggunakan lengan robot yang pernah dibuat sebelumnya salah satunya adalah *Development of Colour Sorting Robotic Arm Using TCS3200 Sensor*. Pada penelitian ini komponen yang digunakan adalah Arduino UNO, ESP8266-Wifi Module, dan sensor warna TCS3200. Penelitian ini menggunakan servo motor sebagai pengendali lengan robot. Servo ini diletakkan pada tiap-tiap sendi agar dapat meletakkan objek pada posisi yang diinginkan. Penelitian ini berhasil dalam membuat sistem penyortiran berdasarkan warna, tetapi performa sistem akan berkurang dengan pengaruh jarak dari efisiensi sebesar 95% pada 5 cm menjadi 43% pada 15 cm (Khairudin et al., 2021).

Penelitian yang telah dilakukan selanjutnya adalah *Color Sorting Robotic Arm*. Penelitian ini menggunakan sensor warna TCS230 dalam mendeteksi warna objek dan ATMEGA328P untuk memberikan sinyal kepada robot. Selain itu, untuk meningkatkan akurasi lengan robot dalam melakukan *pick and place,* penelitian ini juga memanfaatkan sebuah sensor ultrasonik. Sensor ini mendeteksi objek yang berada di depannya dengan memberikan sinyal pada objek dan dengan menerima sinyal yang dipantulkan. Sensor warna ditempatkan pada bagian *gripper*-nya karena lengan robot mengidentifikasi warna objek setelah mengambil objek sebelum meletakkannya di tempat yang ditentukan untuk objek tersebut. Sensor ultrasonik ditempatkan di samping motor servo dasar. Penelitian ini berhasil dilakukan dan lengan robot berhasil melakukan penyortiran warna. Kelemahan dari penelitian ini adalah bahan dari lengan robot terbuat dari kardus sehingga beban yang dapat diangkat terbatas (Khan et al., 2019).

Berbeda dengan penelitian-penelitian di atas yang menggunakan sensor warna dalam melakukan identifikasi warna pada objek, penelitian ini akan menggunakan *vision camera* Pixy2. Dengan menggunakan *vision camera* Pixy2 ini, maka pengenalan gambar dapat dilakukan dengan lebih efektif. Hal ini dapat dilihat dari penelitian yang telah dilakukan yaitu *Comparison of the Effect Using Color Sensor and Pixy2 Camera on the Classification of Pepper Crop.* Hasil dari penelitian ini adalah kamera Pixy2 memiliki keberhasilan rata-rata sebesar 93.33% dengan error terendah rata-rata pada 6.66% dengan kecepatan conveyor sebesar 0.8 m/s dalam mengidentifikasi warna paprika. Sedangkan dengan menggunakan sensor warna TCS3200

keberhasilan rata-rata terbesar adalah 83.33% dengan error rata-rata terendah adalah 16.66% pada kecepatan yang sama. Metode penyortiran warna dengan menggunakan kamera Pixy2 dapat dilihat memiliki tingkat keberhasilan lebih tinggi dibandingkan sensor warna (Ahmed et al., 2021).

Perbedaan lainnya adalah pada penelitian-penelitian sebelumnya digunakan servo sebagai penggerak lengan robot, penelitian tugas akhir ini akan memanfaatkan lengan robot berupa Dobot Magician. Dengan penggunaan Dobot Magician ini, maka presisi dan kemampuan sistem dapat ditingkatkan. Selain itu, tergantung dari pemilihan servo, daya angkat dan kekuatan yang dimiliki juga terbatas. Berbeda dengan Dobot Magician yang dirancang untuk memiliki daya angkat dan kekuatan yang lebih besar, sehingga memungkinkan untuk mengangkat objek yang lebih berat.

Dobot Magician merupakan lengan robotik yang ringan dan multifungsi yang secara komersial tersedia dan menyerupai manipulator robotik industri 3 DOF (Rasedul Islam et al., n.d.). Salah satu keunggulan dari Dobot ini adalah fleksibilitas dan kemampuan untuk diintegrasikan dengan berbagai perangkat dan sistem lain seperti sensor, kamera, *gripper*, IoT, dan lainnya. Dengan fleksibilitas integrasi yang luas ini, Dobot digunakan dalam berbagai aplikasi. Dalam banyak kasus, keunggulan utama Dobot adalah kemampuannya yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dikembangan sebuah modul pembelajaran terkait "Robot Lengan Penyortir Warna 4-*Axis* menggunakan *Vision Camera*". Pada sistem ini akan dibuat sebuah program *pick and place* dengan menggunakan Dobot Magician untuk melakukan pemilahan objek berdasarkan warna.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana sistem dapat melakukan penyortiran objek berdasarkan warna?
2. Bagaimana Dobot Magician dapat berkomunikasi dengan Arduino Mega Pro?
3. Bagaimana sistem ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran robotika bagi peserta didik?

1.3 Analisa Kebutuhan

Berdasarkan kebutuhan pembuatan tugas akhir yang berjudul "Robot Lengan 4-*Axis* Penyortir Warna menggunakan *Vision Camera*" ini terdapat beberapa hal yang perlu

diperhatikan. Oleh karena itu, berikut adalah analisa kebutuhan agar sistem ini dapat bekerja dengan baik.

Tabel 1.1

Analisa kebutuhan

No	Masalah	Penjelasan Masalah	Alternatif Solusi
1.	Bagaimana sistem dapat melakukan penyortiran objek berdasarkan warna?	Dalam pembuatan sistem ini, salah satu permasalahan yang dimiliki adalah bagaimana sistem dapat mengenali dan memilah objek-objek berdasarkan warna dengan akurasi dan efisiensi.	Agar Dobot Magician dapat melakukan penyortiran objek, terdapat dua alternatif solusi yang diberikan; • Menggunakan *vision camera* Pixy2 untuk menangkap visual objek. Kelebihan; o Pixy2 memiliki *framerate* sebesar 60 fps sehingga dapat memproses gambar yang diterima dengan cepat. o Memiliki ukuran yang relatif kecil yaitu sebesar 1.5” × 1.65” × 0.6”, sehingga dapat dengan mudah diintegrasikan dengan Dobot Magician. Kekurangan; o Pixy2 menggunakan algoritma penyaringan berbasis warna untuk mendeteksi objek yang disebut algoritma *Color Connected Component*s (CCC), sehingga hanya dapat mengidentifikasi warna objek dan tidak dapat mengidentifikasi jenis objek. • Alternatif solusi kedua adalah menggunakan *web camera*.

			Kelebihan; ○ Penggunaan *web camera* lebih fleksibel daripada Pixy2. Berbeda dengan Pixy2, *web camera* tidak hanya dapat melakukan identifikasi warna objek melainkan juga objek secara keseluruhan. ○ *Web camera* umumnya adalah perangkat yang mudah ditemukan daripada Pixy2. Kekurangan; ○ *Web camera* umumnya memiliki ukuran yang lebih besar sehingga kurang cocok untuk diintegrasikan dengan Dobot Magician.
2.	Bagaimana Dobot Magician dapat berkomunikasi dengan Arduino Mega Pro?	Dobot Magician memiliki kemampuan untuk menjalankan berbagai tugas dengan presisi. Namun, agar dapat menjalankan tugas yang lebih kompleks sering kali diperlukan integrasi dengan mikrokontroler seperti Arduino Mega. Hal yang harus ditentukan adalah bagaimana Dobot Magician dapat berkomunikasi secara efektif dengan Arduino Mega, sehingga keduanya dapat bekerja bersama untuk	Untuk melakukan komunikasi antara Dobot Magician dan Arduino Mega, terdapat dua alternatif solusi yaitu; • Dobot Magician dapat dihubungkan ke Arduino Mega dengan menggunakan koneksi serial berupa UART. Kelebihan; ○ Koneksi serial lebih sederhana dan tidak membutuhkan modul tambahan. Kelemahan; ○ Memiliki kemungkinan untuk mengganggu pergerakan robot karena menggunakan kabel.

		menjalankan tugas-tugas tertentu.	• Alternatif solusi kedua adalah menggunakan *Bluetooth*. Kelebihan; ○ Karena tidak menggunakan kabel, pergerakan robot dapat menjadi lebih leluasa. Kekurangan; ○ Tidak semua Dobot Magician memiliki fitur untuk berkomunikasi dengan *Bluetooth.* ○ Agar dapat dihubungkan dengan Arduino Mega, perlu ditambahkan modul *Bluetooth* seperti HC-05. Hal ini membuat pembuatan dan *troubleshooting* menjadi lebih kompleks.
3.	Bagaimana sistem ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran robotika bagi peserta didik?	Dalam pengembangan media pembelajaran robotika bagi peserta didik, permasalahan yang perlu dihadapi adalah menciptakan pembelajaran yang menarik, interaktif, dan menambah pengetahuan. Maka dari itu, sistem pembelajaran harus dibuat sehingga dapat memberikan pemahaman yang kuat tentang konsep-konsep robotika dan aplikasinya.	Agar sistem ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran terdapat dua alternatif solusi yang dapat dilakukan, yaitu; • Sistem ini dapat dijadikan pembelajaran bagi peserta didik dengan dibuat menjadi modul pembelajaran berupa *job sheet*. Kelebihan; ○ Modul pembelajaran menyediakan pembelajaran yang terstruktur dan dapat memandu peserta didik melalui langkah-langkah dengan urutan yang jelas.

			○ Peserta didik dapat mengakses materi pembelajaran secara mandiri, memungkinkan mereka untuk belajar sesuai dengan kecepatan masing-masing. Kekurangan; ○ Modul pembelajaran mungkin tidak dapat menyediakan interaksi langsung yang sama seperti pembelajaran tatap muka. Beberapa konsep atau pertanyaan mungkin sulit dijelaskan tanpa bimbingan langsung. • Alternatif solusi kedua adalah dengan melakukan demonstrasi langsung. Kelebihan; ○ Demonstrasi langsung memungkinkan peserta didik berinteraksi secara langsung dengan materi pembelajaran. ○ Instruktur dapat memberikan penjelasan langsung, memberikan kesempatan untuk pertanyaan. Kekurangan; ○ Demonstrasi langsung memerlukan lebih banyak waktu dan sumber daya dibandingkan dengan

			pengembangan modul pembelajaran.

Dari beberapa alternatif solusi yang ditampilkan pada tabel di atas, maka solusi yang akan diambil untuk mengatasi permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan *vision camera* Pixy2 sebagai sistem pengenalan warna karena Pixy2 dapat memproses gambar dengan cepat dan ukurannya juga membuat Pixy2 dapat diintegrasikan dengan Dobot Magician dengan mudah. Walaupun Pixy2 hanya dapat melakukan deteksi warna dan tidak dapat mendeteksi objek tetapi untuk pengaplikasiannya pada tugas akhir ini hanya diperlukan pengenalan objek berdasarkan warna.
2. Menggunakan koneksi serial dalam menghubungkan antara Dobot Magician dan Arduino Mega karena menggunakan tidak semua jenis Dobot Magician memiliki fitur untuk berkomunikasi dengan *Bluetooth.* Koneksi ini juga lebih mudah untuk dibuat dan tidak memerlukan modul tambahan.
3. Membuat modul pembelajaran berupa *job sheet* sebagai media pembelajaran karena dengan menggunakan modul pembelajaran, pelajaran yang telah dilakukan dapat dipelajari lagi untuk kelas-kelas berikutnya. Peserta didik juga dapat dengan mudah mengakses langkah-langkah praktikum yang ada sehingga memungkinkan peserta didik untuk belajar dengan kecepatannya masing-masing.

Tugas akhir ini memiliki batasan dalam pembuatan sistem "Robot Lengan 4-Axis Penyortir Warna menggunakan *Vision Camera*", adapun batasan tersebut meliputi;

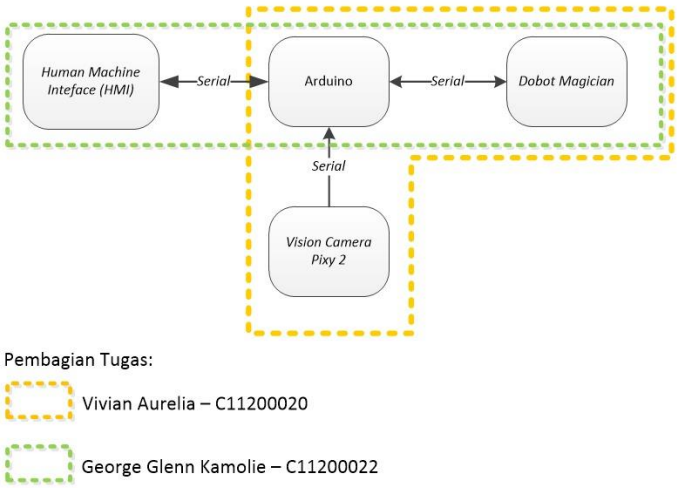
1. Menggunakan Dobot Magician.
2. Menggunakan Arduino Mega Pro.
3. Menggunakan kamera Pixy2.
4. Jumlah warna objek yang akan dideteksi maksimal sebanyak tiga jenis warna dan dapat divariasikan.
5. Letak objek akan berada pada 1 bidang datar.
6. Lokasi objek dapat diletakkan secara bervariasi.
7. Menggunakan e*nd effector* berupa *gripper* dan *suction cup.*
8. Kamera Pixy2 akan diletakkan pada lengan robot.
9. Modul pembelajaran yang dibuat akan berupa *job sheet.*

10. Menggunakan layar kontrol dari *Human Machine Interface* (HMI) yang akan dikerjakan oleh George Glenn Kamolie (C11200022).

1.4 Tujuan Tugas Akhir

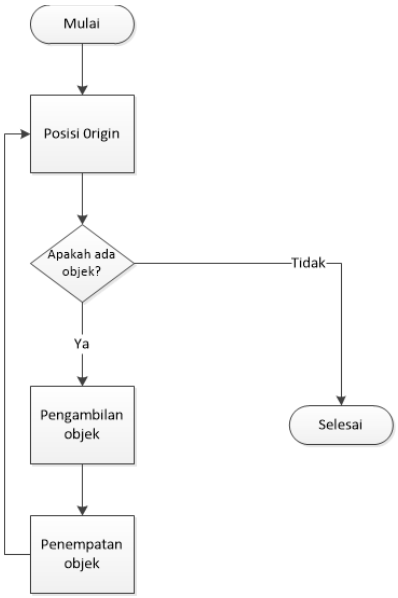
Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengembangkan sistem *pick and place* objek berdasarkan warna dengan menggunakan robot lengan 4-*axis* dan modul pembelajaran untuk peserta didik.

1.5 Uraian Singkat Tugas Akhir



Gambar 1.1 Blok diagram sistem secara keseluruhan

Gambar 1.1 merupakan gambaran sistem yang akan dibuat. Sistem ini merupakan sebuah sistem *pick and place* objek yang berdasarkan warna dengan memanfaatkan robot Dobot Magician. *Vision camera* Pixy2 akan menangkap warna objek, dan setelah itu akan diproses melalui Arduino Mega yang kemudian akan memberi perintah pada robot untuk mengambil dan menempatkan objek pada tempat yang telah ditentukan sesuai dengan warna objek. Dalam hal ini, warna objek akan terdiri dari dua warna. Fitur lain yang akan juga ditambahkan pada sistem ini adalah sebuah *Human Machine Interface* (HMI) yang akan dikerjakan oleh George Glenn Kamolie. Dengan penambahan HMI, pengaturan robot dalam melakukan tugas yang kompleks dapat dipermudah.



Gambar 1.2 Flowchart proses *pick and place* objek berdasarkan warna

Proses sistem dapat dilihat pada *flowchart* pada Gambar 1.2. Sistem memiliki alur yang melibatkan proses *looping* yang dimulai dengan memindahkan lengan robot ke posisi awal atau origin, yang juga berfungsi untuk mendeteksi semua objek selama proses *pick and place*. Selama proses ini, kamera Pixy2 mengambil satu *frame* dan mengirimkan koordinat dari semua objek yang dikenali ke Arduino melalui koneksi serial. Koordinat ini kemudian ditransformasikan agar sesuai dengan sistem koordinat Dobot Magician.

Program membaca koordinat dari objek yang dikenali. Dobot Magician kemudian diinstruksikan untuk melakukan gerakan pengambilan objek dari meja dan menempatkannya di lokasi yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah selesai, lengan kembali ke posisi awal. Jika selama proses ini masih ada objek yang terdeteksi, proses diulang. Namun, jika tidak ada objek lagi yang terdeteksi, *loop* dihentikan.

1.6 Metodologi Perancangan dan Implementasi

1.6.1 Studi Literatur

Studi literatur yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini adalah:

- Mempelajari cara penggunaan Dobot Magician.
- Mempelajari cara penggunaan *vision camera* Pixy2.
- Mempelajari komunikasi antara Dobot Magician dengan *vision camera* Pixy2 melalui Arduino Mega 2560 Mini.

1.6.2 Perancangan dan Pembuatan Sistem

Perancangan dan pembuatan sistem yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

- Merancang program arduino untuk komunikasi antara Dobot Magician dan Arduino Mega.
- Merancang pengiriman data untuk komunikasi antara Arduino Mega dan *vision camera* Pixy2.

1.6.3 Pengujian Sistem dan Analisa Data

Pengujian yang akan dilakukan pada sistem adalah sebagai berikut:

- Pengujian akurasi sistem dalam mendeteksi warna.
- Pengujian sistem dalam menjalankan program *pick and place.*

1.6.4 Penyajian Hasil

Dari pengujian sistem akan disajikan hasil dalam bentuk:

- Demonstrasi sistem secara langsung yaitu:
  - Akurasi sistem dalam mendeteksi warna objek.
  - Akurasi sistem dalam menjalankan program *pick and place.*
- Laporan akhir.
- Modul praktikum.

1.6.5 Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengambilan kesimpulan dari ketepatan sistem mendeteksi warna objek.
- Pengambilan kesimpulan dari ketepatan sistem menjalankan program *pick and place.*