



## Lengan Robot Pemilah Barang Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor TCS 3200

Rifki Wahyudi<sup>1\*</sup>, Khairunnisa Ramadhani<sup>2</sup>, Lucky Armanda<sup>3</sup>, M. Anggi Anugrah<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia, Indonesia

Email : [rifkiwahyudi040603@gmail.com](mailto:rifkiwahyudi040603@gmail.com)<sup>1</sup>, [khairunnisaramadhani636@gmail.com](mailto:khairunnisaramadhani636@gmail.com)<sup>2</sup>,

[luckyarmanda89@gmail.com](mailto:luckyarmanda89@gmail.com)<sup>3</sup>, [anggarahpa@gmail.com](mailto:anggarahpa@gmail.com)<sup>4</sup>

\*Penulis Korespondensi: [rifkiwahyudi040603@gmail.com](mailto:rifkiwahyudi040603@gmail.com)

**Abstract.** *The development of automation and robotics technology has driven innovation in various industrial fields, particularly in automatic sorting systems. Manual sorting processes often lead to inefficiencies and human errors, creating the need for an automatic, fast, and accurate system. This research employs a qualitative method which includes experimentation, testing, and system documentation. The system is designed as a robotic arm for sorting objects based on color, utilizing a TCS3200 color sensor and an ESP32 microcontroller. An ultrasonic sensor detects the presence of objects, while the sorting results are displayed through a real-time web monitoring system. The test results show that the prototype successfully sorts four primary colors (red, green, blue, and yellow) with a high level of accuracy. This research is expected to serve as a reference for the development of automation systems and robotics learning tools in both educational and industrial applications. In addition, this research also contributes to the development of technology that can increase efficiency and accuracy in industrial production processes and provide more environmentally friendly solutions by reducing the need for manual labor.*

**Keywords:** Automation; Color; ESP32; Robotic Arm; TCS3200.

**Abstrak.** Perkembangan teknologi otomatisasi dan robotika telah mendorong inovasi di berbagai bidang industri, salah satunya sistem pemilah barang otomatis. Proses pemilahan secara manual sering menimbulkan kesalahan dan kurang efisien, sehingga dibutuhkan sistem yang dapat bekerja otomatis, cepat, dan akurat. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan rekayasa sistem yang meliputi eksperimen, uji coba, dan dokumentasi sistem. Sistem yang dirancang berupa lengan robot pemilah barang berdasarkan warna menggunakan sensor TCS3200 dan mikrokontroler ESP32. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan barang, sedangkan hasil pemilahan ditampilkan melalui web monitoring secara *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu memilah empat warna utama (merah, hijau, biru, dan kuning) dengan tingkat keberhasilan tinggi. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi pengembangan sistem otomatisasi dan pembelajaran robotika di bidang pendidikan maupun industri. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses produksi industri serta memberikan solusi yang lebih ramah lingkungan dengan mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual.

**Kata Kunci:** ESP32; Lengan Robot; Otomatisasi; TCS3200; Warna.

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi otomatisasi dan robotika telah memberikan dampak signifikan pada berbagai bidang, terutama industri dan pendidikan. Teknologi ini memungkinkan berbagai proses produksi dan pemilahan dilakukan secara lebih cepat, presisi, dan efisien tanpa ketergantungan penuh pada tenaga manusia. Salah satu penerapan yang banyak dikembangkan adalah sistem pemilah barang otomatis yang mampu mengenali dan memisahkan objek berdasarkan karakteristik tertentu seperti warna, bentuk, atau ukuran.

Kemajuan ini mendorong terciptanya berbagai inovasi berbasis mikrokontroler yang mampu bekerja secara mandiri melalui integrasi antara sensor, aktuator, dan sistem kendali. Dengan dukungan teknologi tersebut, kegiatan industri maupun pembelajaran teknis dapat

dilakukan dengan lebih efisien, adaptif, dan terukur sesuai kebutuhan pengguna. Sistem pemilah otomatis memberikan manfaat luas, terutama dalam meningkatkan efisiensi dan ketepatan kerja di bidang industri serta menjadi media pembelajaran yang aplikatif di dunia pendidikan. Dalam industri, sistem ini dapat mempercepat proses klasifikasi produk berdasarkan warna atau kualitas. Sementara di bidang pendidikan, teknologi ini membantu siswa memahami penerapan sensor, mikrokontroler, dan sistem kendali secara langsung dalam pembelajaran robotika dan otomasi.

Namun, dalam praktiknya, proses pemilahan masih banyak dilakukan secara manual, khususnya pada industri kecil, laboratorium, maupun kegiatan lainnya. Proses manual tersebut memiliki berbagai kelemahan, seperti waktu pemilahan yang lama, ketergantungan pada ketelitian operator, serta potensi kesalahan dalam pengelompokan barang. Selain itu, sistem manual tidak memungkinkan pencatatan data hasil pemilahan secara otomatis, sehingga menyulitkan proses pemantauan dan evaluasi hasil kerja.

Kondisi ini menyebabkan produktivitas menjadi tidak optimal dan tingkat akurasi hasil kerja sulit dikontrol secara konsisten. Ketika jumlah barang yang harus dipilah meningkat, efektivitas sistem manual semakin menurun dan berpotensi menimbulkan penumpukan pekerjaan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem otomatis yang mampu melakukan proses pemilahan dengan cepat, akurat, serta dapat memberikan informasi hasil secara langsung dan terukur. Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun lengan robot pemilah barang berdasarkan warna menggunakan sensor TCS3200 berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini bekerja secara otomatis dengan mendeteksi warna objek melalui sensor TCS3200, kemudian data diproses oleh ESP32 untuk menggerakkan motor servo pada lengan robot agar memindahkan barang ke wadah sesuai kategorinya. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan konveyor otomatis, sensor ultrasonik, dan web monitoring yang menampilkan jumlah barang hasil pemilahan secara real-time. Dengan rancangan ini, proses pemilahan dapat dilakukan secara otomatis, cepat, dan akurat.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba mengatasi masalah ini dengan beberapa metode antara lain: Menurut (Serineka et al., 2024) dengan judul Rancang Bangun Lengan Robot Berbasis Arduino Nano, menyatakan perancangan lengan robot berbasis Arduino Nano yang dikendalikan oleh joystick ini berhasil membangun sistem yang mampu memindahkan objek dengan akurasi 65% dan presisi 62,5%. Hasil utama menunjukkan bahwa parameter keberhasilan sistem sangat bergantung pada objek yang diangkat, di mana benda dengan struktur lunak (tingkat keberhasilan 100%) dan bentuk ruang sisi datar (96,5%) jauh lebih mudah ditangani dibandingkan benda keras atau bersisi lengkung. Manfaat dari penelitian ini

adalah memberikan kontribusi praktis berupa solusi lengan robot terjangkau yang dapat menangani objek ringan dengan presisi tinggi di industri dan berfungsi sebagai alat pembelajaran efektif dalam bidang robotika dan pemrograman Arduino.

Menurut (Prima Utama et al., 2021) dengan judul Rancang Bangun Lengan Robot 5 DOF Penyeimbang Barang Menggunakan MPU-6050 Berbasis Arduino DUE, menyatakan berhasil membangun sebuah lengan robot dengan lima derajat kebebasan gerak (5 DOF) yang dilengkapi sistem penyeimbang barang, di mana kinerjanya bergantung pada sensor MPU-6050 (akselerometer dan giroskop) sebagai acuan orientasi sumbu gerak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem penampang datar penyeimbang mencapai waktu rata-rata gerak menyeimbangkan sekitar 4,4 detik. Manfaat utama penelitian ini adalah dalam mengembangkan teknologi robot lengan untuk berbagai keperluan (industri, penelitian, dan sehari-hari) dengan fokus pada kemampuan menjaga kestabilan atau keseimbangan barang yang diangkat, mengatasi tantangan umum dalam robotika manipulator.

Menurut (Alam et al., 2021) dengan judul Rancang Bangun Prototipe Pengendalian Lengan Robot (*Robotic Arm*) sebagai Pemindah Barang Berbasis *Internet Of Things*, *Department of Electrical Engineering*, menyatakan berhasil merancang dan menguji prototipe sistem pengendalian lengan robot (*Robotic Arm*) sebagai pemindah barang berbasis *Internet of Things (IoT)*, menggunakan mikrokontroler NodeMCU dan aplikasi Blynk yang diakses melalui smartphone. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe ini mampu memindahkan beban maksimum 20 gram dalam waktu 46 detik pada jarak maksimal 25 cm, dan efektif untuk memindahkan barang yang memiliki permukaan kasar. Manfaat utama dari penelitian ini adalah memberikan solusi pengendalian jarak jauh untuk pemindahan barang, memungkinkan pengguna mengendalikan lengan robot secara fleksibel melalui aplikasi *smartphone* berbasis IoT.

Menurut (Lalus et al., 2024) dengan judul Pengaturan Lengan Robot 5 Dof Pemilah Benda Berdasarkan Warna Berbasis Mikrokontroler, menyatakan berhasil merancang dan mengimplementasikan pengaturan lengan robot 5 Degree of Freedom (DOF) berbasis mikrokontroler (Arduino Uno) yang secara otomatis memilah benda berdasarkan warna (Merah, Hijau, Biru, dan Putih). Sistem yang menggunakan kombinasi sensor LDR untuk mendeteksi keberadaan benda dan sensor warna TCS3200 untuk identifikasi warna ini, mencapai tingkat akurasi tinggi sebesar 98,25% dalam keseluruhan proses pengambilan dan penyimpanan benda. Manfaat utama dari penelitian ini adalah menciptakan sistem otomatisasi yang efisien dan memiliki ketelitian tinggi, yang dapat menggantikan peran manusia dalam

tugas-tugas berulang atau di lingkungan berisiko, serta menjadi sarana pembelajaran dan penelitian yang inovatif dalam bidang robotika.

(Raintung. 2024) dengan judul Robot Lengan Beroda Pemindah Barang Berdasarkan Warna Dengan Menggunakan Raspberry Pi”, menyatakan berhasil merancang dan membangun robot lengan beroda (4 DOF) pemilah barang berdasarkan warna yang dikendalikan menggunakan Raspberry Pi dan memanfaatkan kamera OV7670 sebagai sensor warna sekaligus pengambil objek. Hasil utamanya adalah terciptanya sistem robotika yang didesain untuk memproses data dengan cepat dan akurat dalam rangka menyortir dan memindahkan objek sesuai warna ke tempat yang telah ditentukan. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu robotika dan teknologi kelistrikan, di mana robot ini berfungsi sebagai solusi untuk mencapai efektivitas dan efisiensi dalam penggunaan teknologi agar menghasilkan keluaran yang optimal baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Dari berbagai penelitian terdahulu, perbedaan utama penelitian ini terletak pada tingkat otomatisasi dan integrasi sistem. Penelitian sebelumnya seperti (Serineka et al., 2024) dan (Prima Utama et al., 2021) masih berfokus pada kendali manual serta kestabilan gerak lengan robot, sedangkan penelitian ini mengembangkan sistem yang bekerja sepenuhnya otomatis tanpa intervensi manusia. Berbeda pula dengan (Alam et al., 2021) dan (Lalus et al., 2024) yang belum terintegrasi dengan sistem monitoring digital, serta (Raintung. 2024) yang menggunakan kamera dan Raspberry Pi, penelitian ini memanfaatkan sensor TCS3200 dan mikrokontroler ESP32 yang mampu mendeteksi warna serta mengirimkan data hasil pemilahan ke web monitoring secara *real-time*. Dengan demikian, sistem yang dirancang memiliki keunggulan dalam hal efisiensi, kemandirian kerja, dan kemudahan pemantauan berbasis jaringan.

Berdasarkan masalah di atas, penulis mengangkat judul “*Lengan Robot Pemilah Barang Berdasarkan Warna Menggunakan Sensor TCS3200*”. Dengan mengembangkan lengan robot menggunakan sensor warna TCS3200, diharapkan lengan robot ini dapat memberikan kontribusi dalam mendukung proses otomatisasi industri yang lebih cepat, tepat, dan efisien dalam proses pemilah barang serta menjadi salah satu solusi inovatif dalam penerapan teknologi robotika di bidang industri dan manufaktur. Selain itu, alat ini juga diharapkan dapat menjadi media pembelajaran praktis dalam memahami penerapan sistem kendali otomatis berbasis mikrokontroler.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### Lengan Robot

Menurut (Zen Nurkholik et al., 2022) Robot lengan adalah alat mekanis yang dirancang untuk melakukan manipulasi menggunakan lengan mekanik. Bentuknya meniru lengan manusia dan memiliki tingkat fleksibilitas yang memudahkan pelaksanaan berbagai tugas. Robot lengan ini memiliki derajat kebebasan (*degree of freedom/DOF*) yang memungkinkan gerakan tertentu. Desain robot lengan ini memiliki tiga derajat kebebasan atau 3-DOF, di mana setiap sendi dapat berputar atau melakukan rotasi, memungkinkan gerakan pada sumbu x, y, dan z dalam ruang tiga dimensi. Gerakan robot ini dikendalikan oleh tiga *motor stepper* yang berfungsi sebagai penggerak. (*Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, 1(3), 59–68*).

### Pemilah Barang Berdasarkan Warna

Pemilahan barang adalah suatu proses yang dilakukan untuk memisahkan barang yang tidak memenuhi kriteria dari barang yang sudah sesuai dengan kriteria tersebut (Arijaya, 2021). Menurut (Sari et al., 2020) Sistem pemilahan berdasarkan warna merupakan hal yang dapat dikembangkan dengan berbagai metode. Untuk pendeteksian warna dapat memanfaatkan pantulan cahaya yang dipantulkan oleh benda yang terpapar cahaya putih. Dengan pemanfaatan pemantulan cahaya ini, deteksi warna suatu benda dapat dilakukan dengan sebuah alat yang bisa menangkap pantulan cahaya dan mendefinisikan warna yang ditangkap. (*TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol, 4(2), 85–90*).

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa sistem pemilahan barang berdasarkan warna merupakan penerapan nyata dari teknologi sensor dan otomasi. Melalui penggunaan sensor warna TCS3200 yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 dan aktuator servo, proses pemilahan dapat dilakukan secara otomatis, cepat, dan akurat. Konsep ini menjadi dasar bagi perancangan alat pada penelitian ini, di mana lengan robot dirancang untuk memilah benda berdasarkan warna secara mandiri sekaligus menampilkan hasil pemilahannya melalui sistem monitoring berbasis web.

### Sensor TCS 3200

Sensor warna TCS 3200 digunakan sebagai media untuk membaca nilai dari empat jenis warna, meliputi: merah, biru, kuning, dan hijau. Setelah sensor mendeteksi warna, data tersebut diproses oleh mikrokontroler untuk mengelompokkan objek ke dalam kategori warna yang sesuai (Junaidi Burdadi, Ridwan R, Iqbal Nugraha, 2022), (*Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan (2022) Aplikasi, 141–145*).

Menurut (Sari et al., 2020). Sensor warna TCS 3200 adalah sensor terprogram yang terdiri dari 64 buah photodiode sebagai pendeteksi intensitas cahaya pada warna obyek serta filter frekuensi sebagai transduser yang berfungsi untuk mengubah arus menjadi frekuensi. Selain itu sensor tersebut memiliki lensa fokus yang berguna untuk mempertajam pendeteksian photodiode terhadap intensitas cahaya dengan jarak pembacaan 2 mm dari lensa IC. (*TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 4(2), 85–90.)

### **Mikrokontroler**

Menurut (Munandar et al., 2023). ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan menjadi generasi penerus dari ESP8266. Perangkat ini sudah dilengkapi dengan modul WiFi yang terintegrasi di dalam chip, sehingga sangat sesuai untuk pengembangan berbagai aplikasi sistem berbasis internet. Keunggulan utama ESP32 dibandingkan mikrokontroler lainnya terletak pada jumlah pin yang lebih banyak, dukungan lebih banyak pin analog, kapasitas memori yang besar, adanya fitur *Bluetooth 4.0 low energy*, serta kemudahan integrasi jaringan WiFi untuk mendukung berbagai macam aplikasi otomasi atau IoT. (*Jurnal Komputer, Informasi Dan Teknologi*, 3(1), 69–78)

### **Adaptor (Power Supply)**

Menurut (Siregar et al., 2021) Adaptor merupakan rangkaian elektronik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik AC yang tinggi menjadi tegangan AC dengan nilai lebih rendah. Adaptor juga dapat menggantikan sumber tegangan DC seperti baterai atau aki, karena penggunaan listrik AC dapat berlangsung lebih lama dan tersedia sepanjang ada aliran listrik di lokasi tersebut. Alat ini banyak digunakan sebagai sumber daya pada perangkat elektronik seperti amplifier, radio, televisi mini, dan lainnya. Secara umum, adaptor berperan mengubah tegangan AC (arus bolak-balik) menjadi tegangan DC (arus searah) dengan tingkat tegangan yang lebih rendah sehingga aman dan dapat digunakan oleh perangkat elektronik. (*Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer (JAKAKOM)*, 1(2), 1–10.)

### **Transformator Step Down Module LM2596**

*Step Down* LM2596 adalah sebuah konverter yang menurunkan tegangan dengan mengubah tegangan DC masuk menjadi tegangan DC keluaran. Keunggulan dari modul *step down* LM2596 terletak pada kestabilan tegangan outputnya, yang tetap konstan meskipun tegangan input mengalami fluktuasi (Alamsyah et al., 2022), *JTEK: Jurnal Teknologi Komputer*, 2(2), 190–195. Adapun gambar dari Step Down Module bisa di lihat pada Gambar II.4 di bawah ini.

Menurut (Darmawan et al., 2020) LM2596 berfungsi menurunkan tegangan masukan dengan mengatur resistor variabel pada modul tersebut. Pengujian dilakukan menggunakan multimeter digital dengan menghubungkan probe positif ke pin output positif LM2596 dan probe negatif ke pin output negatif LM2596. (*Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(2), 211)

### **LCD I2C**

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah tipe media tampilan yang menggunakan cairan kristal sebagai elemen utama. LCD I2C 16x2 mampu menampilkan 32 karakter, terdiri dari 2 baris dengan masing-masing baris memuat 16 karakter. Dalam perancangan alat ini, LCD berperan sebagai penampil data jarak air (Samsugi et al., 2020).

Menurut (Deswar & Pradana, 2021) LCD I2C merupakan modul LCD (*Liquid Crystal Display*) yang dikendalikan secara serial sinkron menggunakan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*). Biasanya, modul LCD dikendalikan secara paralel baik pada jalur data maupun kontrolnya. Modul LCD ini berfungsi untuk menampilkan teks atau angka yang telah diprogram melalui mikrokontroler. LCD I2C/IIC memiliki 4 pin, yaitu pin GND (*Ground*), pin VCC 5 volt, serta pin kontrol SCL dan SDA. (*Technologia: Jurnal Ilmiah*, 12(1), 25). Adapun tampilan dari LCD I2C dapat dilihat pada gambar II.5 berikut.

### **Sensor Ultrasonik**

Sensor ultrasonik adalah alat yang berfungsi mengubah sinyal fisik berupa gelombang suara menjadi sinyal listrik, dan sebaliknya. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan pantulan gelombang suara untuk mengukur keberadaan atau jarak suatu objek menggunakan frekuensi tertentu. Nama sensor ultrasonik berasal dari penggunaan gelombang suara ultrasonik sebagai dasar operasinya (Azis et al., 2023), *Elektrika*, 15(1), 29.

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor dengan frekuensi kerja 40 Hz. Sensor ini digunakan untuk mengukur jarak antara objek dan sensor HC-SR04 itu sendiri. Sensor HC-SR04 memiliki 4 pin, yaitu Vcc, Trigger, Echo, dan Ground. Spesifikasi sensor ultrasonik HC-SR04 antara lain bekerja pada tegangan DC 5V dengan arus kerja 15mA, frekuensi operasi 40 Hz, jarak pengukuran maksimal 4 meter dan minimal 2 cm, sudut pengukuran sebesar 15 derajat, serta sinyal pemicu berupa pulsa TTL 10 mikrodetik.

### **Motor DC (Direct Current)**

Motor DC adalah sebuah mesin yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada motor DC (*Direct Current*), sumber tegangan arus searah dihubungkan ke rangkaian medan dan jangkar untuk menghasilkan putaran motor. Motor arus searah banyak digunakan pada alat angkut di pertambangan, transportasi kereta listrik, serta kendaraan listrik

(Fadhilah et al., 2021), *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 19(1), 112–121. Adapun tampilan dari Motor DC dapat dilihat pada gambar II.7 berikut.

Motor DC cocok digunakan pada berbagai perangkat seperti konveyor, meja putar, dan alat lain yang membutuhkan pengaturan arah dan torsi yang konstan atau pada kecepatan rendah. (*Journal of Physics: Conference Series*, 2129(1)).

### **Motor Servo**

Menurut (Amin, 2020) Motor servo merupakan aktuator putar yang bekerja dengan sistem kontrol umpan balik tertutup (servo), sehingga mampu mengatur posisi sudut poros output secara presisi. Komponen utama motor servo terdiri dari motor DC, rangkaian gigi, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Rangkaian gigi berfungsi memperlambat putaran sekaligus meningkatkan torsi, sedangkan potensiometer memberikan umpan balik posisi agar sistem dapat menyesuaikan sudut poros sesuai perintah. Motor servo menggunakan tegangan DC dan umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi seperti robotika, pesawat model, dan perangkat otomatis lainnya karena kemampuannya mengendalikan posisi secara akurat dan stabil. (*Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan*, 4(2), 55–59.)

### **Konveyor**

Konveyor merupakan sistem mekanis yang digunakan untuk memindahkan barang dari satu lokasi ke lokasi lain. Sistem ini banyak digunakan di industri untuk mengangkut barang dalam jumlah besar secara terus-menerus. Konveyor sering dipilih karena memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan dengan transportasi berat seperti truk atau mobil pengangkut dalam kondisi tertentu. Penggunaan konveyor mempermudah dan meningkatkan efisiensi penanganan material. Sistem ini mampu memindahkan barang dalam jumlah besar secara berkesinambungan dari satu titik ke titik lainnya. Agar konveyor tetap efisien secara ekonomi, jalur perpindahan harus memiliki posisi yang tetap. Namun, kekurangan dari sistem ini adalah kurangnya fleksibilitas ketika lokasi perpindahan barang berubah-ubah dan jumlah barang yang dipindahkan tidak konstan (Hanafie et al., 2020), *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 15(01), 1–4.

### **Buzzer**

Buzzer adalah komponen elektronik yang berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Prinsip kerjanya mirip dengan loudspeaker, di mana buzzer memiliki kumparan yang terpasang pada diafragma. Ketika arus mengalir melalui kumparan, kumparan tersebut menjadi elektromagnet dan bergerak masuk atau keluar tergantung arah arus dan polaritas magnet. Karena kumparan terhubung dengan diafragma, gerakan kumparan akan

menggerakkan diafragma secara bolak-balik, sehingga menyebabkan getaran udara yang menghasilkan suara (Yulia Darnita et al., 2021), *Jurnal Teknologi*, 6(2), 119–135.

### **Relay**

Relay adalah saklar yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu elektromagnet (kumparan) dan mekanik (sekumpulan kontak saklar). Relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga arus listrik dengan daya kecil (*low power*) dapat mengendalikan aliran listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, sebuah relay dengan elektromagnet 5V dan arus 50 mA mampu menggerakkan armatur saklar untuk menghantarkan listrik bertegangan 220V dan arus 2A (Kho D).

### **Relay**

Relay adalah saklar yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu elektromagnet (kumparan) dan mekanik (sekumpulan kontak saklar). Relay bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga arus listrik dengan daya kecil (*low power*) dapat mengendalikan aliran listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, sebuah relay dengan elektromagnet 5V dan arus 50 mA mampu menggerakkan armatur saklar untuk menghantarkan listrik bertegangan 220V dan arus 2A (Kho D).

Menurut (-Alfariski et al., 2022) Relay memerlukan daya yang sangat kecil untuk mengaktifkan kontaktornya, namun mampu mengendalikan perangkat yang memerlukan daya lebih besar. Berdasarkan tipe Contact Point, relai dibagi menjadi dua jenis, yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). Dalam penelitian ini, relay dengan jenis NC digunakan sebagai cadangan catu daya, sedangkan relai NO dihubungkan ke sumber tegangan dari PLN. (*JTECS: Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem Dan Komputer*)

## **3. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode kualitatif yang mencakup rekayasa sistem atau *engineering design method*, dengan pendekatan eksperimen, uji coba, dan dokumentasi sistem. Tahapan dalam metode ini adalah: (1) Studi Literatur, meliputi berbagai referensi yang ada baik berupa buku maupun karya ilmiah yang berhubungan dengan perancangan alat. (2) Studi Bimbingan, meliputi masukan pengarahan dan saran dari pembimbing dan semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan tugas akhir. (3) Eksperimen, dilakukan melalui pengamatan uji coba lab untuk merancang dan

membangun, serta menguji sistem yang akan di buat. (5) Dokumentasi dan persentasi, meliputi penulisan laporan akhir penelitian secara menyeluruh dan mempersentasikan hasil penelitian tersebut.

Tahapan perancangan kegiatan yang di lakukan pada pembuatan Lengan Robot Pemilah Barang Berdasarkan Sensor TCS 3200 ini yaitu sebagai berikut:

- a. Identifikasi dan Analisa: Pada tahapan ini kami melakukan identifikasi dan pencarian ide terhadap masalah yang diteliti yaitu pemilahan barang berdasarkan warna. Setelah itu menganalisa kebutuhan dari sistem yang akan dirancang untuk memecahkan permasalahan yang ada pada penelitian ini.
- b. Studi Literatur: Pada tahapan ini kami melakukan pengumpulan data mengenai penelitian terdahulu dari berbagai sumber referensi yang ada, sebagai bahan acuan dalam mengembangkan penelitian kami terkait masalah kebocoran gas. Dengan mempelajari berbagai pendekatan, solusi, dan teknologi yang telah digunakan sebelumnya.
- c. Arsitektur Sistem: Pada tahapan ini kami menentukan bagaimana desains sistem yang akan dibangun. Seperti menentukan diagram blok alat dan bagaimana cara kerja dari sistem yang akan dibangun dan alur manufakturing dalam penelitian.
- d. Perancangan Perangkat Keras: Pada tahapan ini kami mulai melakukan penelitian komponen dan perakitan wadah dari sistem menggunakan akrilik, lalu menghubungkan antara komponen. Setelah itu kami melakukan pengujian terhadap perangkat yang sudah dibangun apakah sudah berjalan baik sesuai rancangan.
- e. Perancangan Perangkat Lunak: Pada tahapan ini kami merancang kode pemrograman terhadap perangkat keras untuk menjalankan perintah sesuai dengan rancangan cara kerja sistem, dengan melakukan simulasi. Setelah dilakukan simulasi, kami pin mulai melakukan pemrograman menggunakan *Software* Arduino IDE untuk membuat perintah terhadap sistem yang sedang dirancang dan dibangun.
- f. Integrasi Perangkat Keras dan Lunak: Pada tahapan ini menyuntik kode pemrograman yang sudah dibuat kedalam mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai otak dan memberikan perintah kepada sistem yang akan dibangun, lalu menghubungkannya kembali kedalam perangkat keras.
- g. Pengujian Secara Berkala: Pada ahapan ini kami melakukan pengujian secara perkala terhadap sistem, apakah kode pemrograman yang sudah dibuat berjalan sesuai dengan rancangan melakukan simulasi beberapa kali terhadap sistem.
- h. Pemeriksaan Kembali: Pada tahapan ini kami melakukan pemeriksaan kembali jika dalam pengujian terjadi masalah seperti tidak berjalan sesuai dengan rancangan. Jika sudah

berjalan dengan baik dan benar, maka sistem yang telah dirancang berhasil dibangun dan siap digunakan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem lengan robot pemilah barang telah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan sensor warna TCS 3200 serta mikrokontroler ESP32. Dari hasil perancangan *hardware*, dimana desain rancangan awal dengan implementasi prototype sudah sesuai dengan rancangan awal, selanjutnya dari hasil perancangan *software* penulis berhasil membuat tampilan sistem yang dimana telah dirancang sebelumnya, sistem ini diharapkan mampu menyimpan *history* berapa banyak sistem melakukan sortir barang berdasarkan warna.

##### Hasil Implementasi Perangkat Keras (Hardware)

Tahap implementasi perangkat keras dilakukan setelah seluruh proses perancangan sistem selesai pada Bab III. Tujuan dari implementasi ini adalah untuk merealisasikan hasil rancangan ke dalam bentuk alat yang dapat berfungsi secara nyata. Perangkat keras yang digunakan pada sistem ini terdiri atas mikrokontroler ESP32, sensor warna TCS3200, sensor ultrasonik HC-SR04, modul relay, LCD I2C, motor servo, buzzer, serta konveyor otomatis.

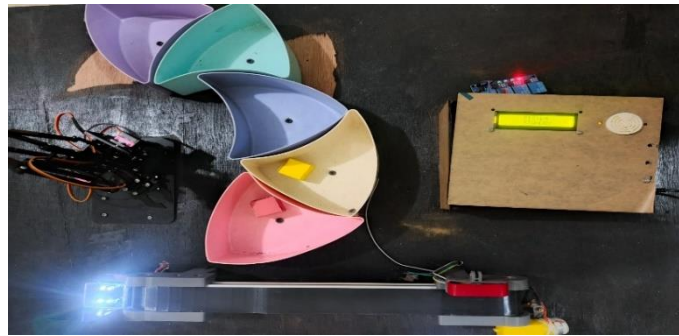
Berdasarkan hasil analisis tersebut, ESP32 mengendalikan empat buah motor servo untuk menggerakkan lengan robot menuju posisi wadah yang sesuai dengan warna yang terdeteksi. Setelah proses pemindahan selesai, data hasil deteksi warna akan ditampilkan pada LCD I2C serta dikirimkan ke sistem web monitoring melalui koneksi Wi-Fi yang dimiliki ESP32.

Komponen-komponen utama pada sistem dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

**Tabel 1.** Komponen Utama Sistem.

| No | Komponen                  | Fungsi Utama   |
|----|---------------------------|--|
| 1  | ESP32 Dev Module          | Pusat kendali sistem dan komunikasi Wi-Fi                |
| 2  | Sensor Warna TCS3200      | Membaca nilai RGB untuk mendeteksi warna objek           |
| 3  | Sensor Ultrasonik HC-SR04 | Mendeteksi keberadaan benda di depan konveyor            |
| 4  | Motor Servo (4 buah)      | Menggerakkan lengan robot ke arah wadah sesuai warna     |
| 5  | Relay                     | Mengontrol nyala/mati konveyor                           |
| 6  | LCD I2C                   | Menampilkan warna yang terdeteksi dan status alat        |
| 7  | Buzzer                    | Memberikan notifikasi suara saat warna berhasil dikenali |
| 8  | Konveyor Mini             | Mengantarkan benda menuju area pembacaan warna           |

Prototype alat hasil implementasi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Hasil prototype Pemilah Barang.

### Hasil Implementasi Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak pada sistem ini dibuat menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Program diunggah ke mikrokontroler ESP32 melalui port komunikasi USB. Tujuan utama perangkat lunak adalah untuk mengontrol seluruh komponen perangkat keras agar dapat bekerja sesuai logika sistem.

Apabila kondisi nilai RGB memenuhi rentang tertentu, sistem akan menampilkan warna yang terdeteksi pada LCD I2C seperti pada gambar 4.2, menghentikan konveyor, menggerakkan servo ke wadah warna yang sesuai, menambahkan jumlah hasil ke variabel penghitung, dan mengirimkan data hasil ke server melalui jaringan Wi-Fi.



**Gambar 2.** Tampilan Warna Terdeteksi LCD I2C.

### Pengujian Sistem

Tahapan pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen dan perangkat lunak telah bekerja sesuai rancangan. Pengujian dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengujian komponen (*unit testing*) dan pengujian integrasi sistem (*integration testing*).

#### a) Pengujian Komponen

Pengujian komponen dilakukan dengan tujuan untuk memastikan setiap bagian hardware berfungsi secara individual sebelum diintegrasikan ke sistem utama.

Pengujian komponen dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 2.** Pengujian Komponen.

| <b>Komponen</b>      | <b>Cara Pengujian</b>                               | <b>Hasil</b>   |
|----------------------|---|--|
| Sensor Ultrasonik    | Dihalangi objek pada jarak 5–10 cm                  | Dapat mendeteksi jarak dengan akurat                       |
| Sensor Warna TCS3200 | Diuji dengan benda warna merah, hijau, biru, kuning | Sensor dapat membaca nilai RGB dengan variasi sesuai warna |
| Motor Servo          | Diuji dengan sinyal PWM dari ESP32                  | Semua servo dapat bergerak sesuai perintah                 |
| LCD I2C              | Menampilkan teks uji coba                           | Teks tampil dengan baik                                    |
| Buzzer               | Diberi logika HIGH saat warna terdeteksi            | Buzzer berbunyi dengan baik                                |
| Koneksi Wi-Fi        | Diuji koneksi ke server lokal                       | Data berhasil dikirim ke server tanpa error                |

#### b) Pengujian Integrasi Hardware-Software

Pengujian integrasi dilakukan untuk menguji sinkronisasi antara perangkat keras dan perangkat lunak setelah seluruh sistem dirakit.

Langkah-langkah pengujian:

- a. Upload program ke ESP32 menggunakan Arduino IDE.
- b. Jalankan sistem dalam kondisi benda diletakkan di depan sensor ultrasonik.
- c. Amati urutan kerja sistem:
  - 1) Sensor ultrasonik mendeteksi benda → konveyor aktif.
  - 2) Saat benda sampai di atas sensor TCS3200 → pembacaan warna dilakukan.
  - 3) Warna terdeteksi → konveyor berhenti, servo menggerakkan lengan ke posisi warna yang sesuai.
  - 4) Buzzer berbunyi singkat, LCD menampilkan hasil, dan data dikirim ke web.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja secara terpadu. Sensor warna mampu mengenali empat warna dengan tingkat akurasi  $\pm 95\%$  dalam kondisi pencahayaan stabil. Namun, sistem menunjukkan ketidakstabilan pembacaan warna pada kondisi cahaya terlalu terang, serta sedikit deviasi posisi pada servo akibat torsi yang tidak merata.

#### Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh data simulasi pembacaan nilai RGB sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut:

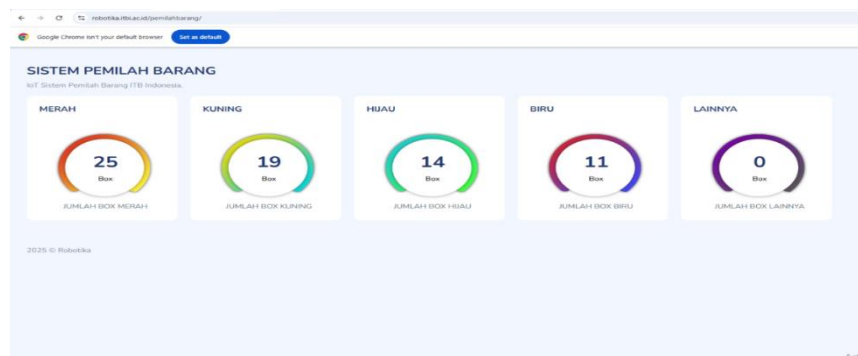
**Tabel 3.** Analisis Hasil Pengujian.

| <b>Warna Benda</b> | <b>Nilai R</b> | <b>Nilai G</b> | <b>Nilai B</b> | <b>Warna Dikenali</b> | <b>Keterangan</b> |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Merah</b>       | 24             | 70             | 55             | Merah                 | Sesuai            |
| <b>Hijau</b>       | 55             | 45             | 52             | Hijau                 | Sesuai            |
| <b>Biru</b>        | 75             | 38             | 18             | Biru                  | Sesuai            |
| <b>Kuning</b>      | 17             | 18             | 25             | Kuning                | Sesuai            |

Berdasarkan tabel 4.3 tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor TCS3200 mampu mengenali warna dengan baik pada jarak optimal 2–3 cm dan pencahayaan moderat. Sistem juga berhasil mengirimkan data hasil pengenalan warna ke web monitoring secara otomatis. Secara keseluruhan, sistem menunjukkan tingkat keberhasilan sekitar 93–95%, dengan kendala utama berupa: 1) Pembacaan nilai RGB tidak stabil pada kondisi pencahayaan berlebih. 2) Servo tidak selalu kembali ke posisi awal dengan presisi yang sama. 3) Sistem belum mampu mengenali objek dengan ukuran dan tekstur yang sangat variatif.

### **Sistem Web Monitoring**

Sistem web monitoring berfungsi untuk menampilkan hasil pemilahan barang yang dilakukan oleh lengan robot secara real-time. Data dikirim dari ESP32 ke server menggunakan metode *HTTP GET* dan disajikan dalam bentuk antarmuka web sederhana seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3 dibawah ini.



**Gambar 3.** Tampilan Sistem Web Monitoring.

Berdasarkan Gambar 4.3 sebelumnya, antarmuka web menampilkan jumlah total barang berdasarkan warna yang telah berhasil diletakkan kedalam wadah oleh lengan robot secara otomatis.

### **Pembahasan Hasil Implementasi Perangkat Keras (Hardware)**

Pelaksanaan desain perangkat keras pada *prototype* lengan robot menunjukkan hasil yang konsisten dengan tujuan perancangan. Integrasi fisik antara rangka mekanik, unit aktuator (servo), konveyor (motor DC), sensor (TCS3200 dan HC-SR04), serta modul antarmuka (LCD I2C, buzzer, relay) dilaksanakan dengan susunan yang terstruktur sehingga memudahkan jalur kabel dan perawatan. Secara fungsional, pemilihan komponen didasarkan pada kriteria kompatibilitas tegangan, kemampuan torsi servo, serta kemudahan integrasi dengan ESP32 melalui antarmuka digital/analog yang tersedia. Misalnya, pemilihan ESP32 memberikan keuntungan konektivitas Wi-Fi internal sehingga modul komunikasi eksternal tidak diperlukan, sehingga susunan hardware menjadi lebih ringkas.

Dari segi tata letak mekanik, peletakan sensor warna TCS3200 relatif kritis terhadap hasil pembacaan; penempatan sensor sedemikian rupa untuk menjaga jarak baca 1–3 cm dan mengarahkan lensa tegak lurus terhadap permukaan benda menghasilkan pembacaan yang lebih stabil. Posisi sensor ultrasonik juga berdampak besar pada efisiensi konveyor: pemasangan sejajar dengan alur benda meminimalkan false trigger akibat pantulan dari sisi atau benda miring. Pada beberapa pengujian awal ditemukan bahwa kabel fleksibel yang menempel pada bagian moving-arm menyebabkan sedikit hambatan gerak; hal ini diperbaiki dengan merapikan jalur kabel dan memberi selongsong kabel untuk mengurangi momen gaya terhadap sambungan servo.

Dari sisi kualitas komponen, beberapa servo yang digunakan menunjukkan perbedaan torsi dan backlash (celah gigi) sehingga akurasi posisi bervariasi antar unit. Untuk aplikasi yang menuntut presisi tinggi, pemilihan servo dengan spesifikasi torsi lebih tinggi dan backlash rendah atau penggunaan *gearbox* dan sensor posisi tambahan (*encoder*) dapat dipertimbangkan. Secara umum, implementasi perangkat keras memenuhi fungsi dasar, namun beberapa perbaikan minor (manajemen kabel, catu daya, kalibrasi awal servo) dapat meningkatkan reliabilitas jangka panjang.

### **Pembahasan Hasil Implementasi Perangkat Lunak (Software)**

Perangkat lunak yang diunggah ke ESP32 mengimplementasikan beberapa modul fungsional utama: inisialisasi perangkat, pembacaan sensor ultrasonik, pembacaan TCS3200 (konversi frekuensi ke nilai RGB), pengambilan keputusan berbasis threshold, kontrol servo untuk urutan gerak, tampilan pada LCD I2C, serta pengiriman data ke server web melalui HTTP GET. Struktur program berbasis loop utama (*loop()*) dan fungsi-fungsi modular (*bacaWarna()*, *gerakServo()*,  *kirimDataWeb()* dll.) memudahkan pemeliharaan dan pembaruan kode.

Aspek yang krusial adalah metode klasifikasi warna yang dipilih: penggunaan rentang nilai (threshold) pada komponen R, G, B seperti yang digunakan dalam kode (*contoh: if (Red>39 && Red<64 && Green>28 && Green<52 && Blue>38 && Blue<60)*) adalah metode sederhana dan efektif untuk skenario dengan kondisi pencahayaan terkontrol. Namun metode threshold rentan terhadap perubahan iluminasi, perbedaan permukaan objek (*glossy vs matte*), serta variasi warna yang tidak sesuai rentang ideal. Oleh karena itu pada implementasi ini dilakukan kalibrasi manual awal (mengukur nilai RGB untuk sampel warna dan menetapkan rentang) serta penambahan logika verifikasi (misalnya membaca beberapa kali dan mengambil nilai rata-rata sebelum mengambil keputusan) untuk menekan *false positive/negative*.

Performa perangkat lunak juga diuji dari sisi *responsiveness*: waktu dari saat objek terdeteksi oleh sensor ultrasonik hingga penyelesaian proses pemindahan (termasuk pembacaan warna, perhitungan, perintah servo, dan pengiriman data web) rata-rata berkisar 6–8 detik per benda. Pemecahan waktu dapat dianalisis: pembacaan sensor dan proses konversi frekuensi TCS3200 membutuhkan beberapa siklus pembacaan sehingga menambah *latency*; gerakan servo fisik juga memakan bagian besar waktu tersebut. Jika diperlukan peningkatan throughput, beberapa opsi perangkat lunak dapat dilakukan: optimasi durasi *delay*, eksekusi asinkron untuk pengiriman data web (agar tidak menunda gerakan servo), dan penggunaan *pre-fetch*/parallelisasi pembacaan sensor (*mis. non-blocking timing*).

### **Pembahasan Pengujian Sistem**

Pembahasan pengujian dibagi menjadi dua bagian: (a) pengujian komponen (*unit testing*) dan (b) pengujian integrasi (*integration testing*).

#### **a. Pengujian komponen (*Unit Testing*)**

Setiap komponen diuji secara terpisah untuk memastikan fungsi dasarnya sebelum integrasi. Sensor ultrasonik diuji dengan rentang objek dari 2 cm hingga 30 cm untuk memastikan akurasi jarak; data menunjukkan presisi yang wajar dalam kisaran tersebut, dengan sedikit error pada benda dengan permukaan non-reflektif. TCS3200 diuji dengan sampel warna standar dan menunjukkan pembacaan nilai frekuensi yang konsisten selama kondisi pencahayaan konstan; pengukuran dilakukan beberapa kali untuk tiap warna dan dihitung nilai rata-rata serta deviasi standar untuk menilai stabilitas pembacaan. Motor DC (konveyor) diuji pada tegangan kerja nominal untuk menilai kecepatan dan mampu memindahkan benda uji dengan konsisten. Servo diuji dengan pola sudut tertentu untuk memastikan range dan respons PWM; perbedaan antar servo dicatat untuk rekomendasi penggantian atau kalibrasi.

#### **b. Pengujian integrasi (*integration testing*).**

Integrasi dimulai dengan menggabungkan sensor ultrasonik dan konveyor (*trigger* → *conveyor*), lalu menambahkan sensor warna dan logika pengambilan keputusan (*stop conveyor* → *read color* → *execute arm*). Skenario pengujian mencakup berbagai warna pada kondisi pencahayaan normal, kondisi cahaya intens, dan permukaan berbeda (*glossy/matte*). Untuk tiap skenario dicatat metrik: waktu total per siklus, probabilitas deteksi benar (*accuracy*), frekuensi false positive/negative, dan kegagalan mekanik. Hasil integrasi menunjukkan bahwa pada kondisi ideal (pencahayaan stabil, jarak optimal) keseluruhan siklus berhasil dengan akurasi 93–95% (nilai yang telah Anda laporkan).

### ***Analisis Hasil Pengujian***

Analisis hasil pengujian dilakukan untuk menilai kinerja keseluruhan sistem baik dari segi akurasi sensor, kecepatan respon, maupun stabilitas operasional alat. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, tingkat keberhasilan sistem dalam mengenali warna mencapai 93–95%, dengan rata-rata waktu proses pemilahan sekitar 6–8 detik per objek. Angka ini diperoleh dari total 100 kali percobaan di mana sebagian besar pengujian menunjukkan hasil deteksi dan pemindahan warna yang sesuai.

Secara umum, sensor warna TCS3200 mampu membaca perbedaan warna dengan baik selama pencahayaan ruangan stabil dan jarak objek terhadap sensor berada pada rentang 2–3 cm. Namun, pada kondisi pencahayaan berlebih atau pantulan cahaya dari permukaan benda mengkilap, sensor menunjukkan sedikit pergeseran nilai RGB yang memengaruhi keakuratan identifikasi warna, terutama pada warna kuning dan hijau yang memiliki nilai spektrum cukup berdekatan.

Selain itu, servo yang digunakan terkadang tidak kembali ke posisi awal secara presisi akibat torsi yang tidak seimbang setelah pemakaian berulang, menyebabkan sedikit deviasi dalam penempatan objek.

### **Pembahasan Sistem Web Monitoring**

Berdasarkan hasil pengujian, web monitoring dapat menampilkan data dengan baik saat koneksi Wi-Fi stabil. Pembaruan data terjadi hampir seketika setelah proses pemilahan selesai dengan waktu jeda rata-rata di bawah 1 detik. Namun, ketika koneksi jaringan melemah, terjadi keterlambatan pembaruan data atau kegagalan kirim yang memerlukan refresh halaman web untuk menampilkan data terbaru.

Secara umum, sistem ini telah berfungsi optimal sebagai alat bantu pemantauan hasil kerja robot secara jarak jauh. Web monitoring juga memudahkan pengguna untuk melihat statistik hasil sortir tanpa harus berinteraksi langsung dengan perangkat, sehingga meningkatkan aspek efisiensi dan keamanan dalam proses pemantauan.

Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem web dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur penyimpanan data historis (*log data*), grafik hasil sortir, serta penggunaan database server tetap (misalnya MySQL) agar data tersimpan lebih permanen dan dapat diakses kembali untuk analisis performa alat di masa mendatang.

### **Kelebihan dan Kekurangan Sistem Yang Dirancang**

Kelebihan Sistem: (1) Proses Pemilahan Otomatis dan Efisien, sistem mampu melakukan pemilahan barang secara otomatis berdasarkan warna tanpa intervensi manusia. (2) Integrasi Sensor dan Mikrokontroler yang Stabil, pengolahan data berjalan secara real-time dan respons

sistem cukup cepat terhadap perubahan kondisi di lapangan. (3) Fitur Web Monitoring *Real-Time*, sistem web monitoring memberikan nilai tambah dengan menampilkan hasil pemilahan warna secara langsung melalui koneksi Wi-Fi. (4) Desain Fleksibel dan Mudah Dikembangkan dan dapat dikembangkan lebih lanjut, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.

Kekurangan Sistem: (1) Sensitivitas terhadap Kondisi Pencahayaan. Pada pencahayaan yang terlalu terang atau reflektif, pembacaan warna dapat mengalami pergeseran nilai RGB yang menyebabkan kesalahan identifikasi warna tertentu. (2) Keterbatasan Torsi Motor Servo, setelah digunakan dalam waktu lama, motor juga terkadang tidak kembali ke posisi awal dengan presisi yang sama. (3) Ketergantungan pada Koneksi Wi-Fi. (4) Tidak Ada Penyimpanan Data Permanen. Data hanya ditampilkan secara real-time dan akan hilang ketika sistem dimatikan atau direstart.

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang telah mampu menjalankan fungsi utama dengan baik sebagai lengan robot pemilah barang otomatis berdasarkan warna, meskipun masih diperlukan beberapa penyempurnaan agar lebih stabil, akurat, dan efisien untuk diterapkan dalam skala industri kecil maupun sebagai sarana pembelajaran teknologi robotika.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai perancangan dan implementasi lengan robot pemilah barang berdasarkan warna menggunakan sensor TCS3200 berbasis mikrokontroler ESP32, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut : 1) Perancangan sistem lengan robot pemilah barang berdasarkan warna menggunakan sensor TCS3200 telah berhasil dilakukan sesuai tujuan penelitian. Sistem dirancang dengan memanfaatkan sensor warna TCS3200 sebagai pendeteksi warna, motor servo sebagai penggerak lengan robot, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali utama. Rangkaian sistem telah disusun secara terintegrasi dengan memperhatikan fungsi dari masing-masing komponen agar mampu bekerja secara otomatis dan efisien. 2) Implementasi sistem agar dapat bekerja secara otomatis dengan kendali ESP32 telah berhasil diterapkan menggunakan bahasa pemrograman C++ melalui platform Arduino IDE. Mikrokontroler ESP32 mampu mengolah data dari sensor warna dan sensor ultrasonik, kemudian mengendalikan motor servo untuk memindahkan barang sesuai warna yang terdeteksi. Proses kerja sistem berjalan secara otomatis mulai dari deteksi warna, pengambilan benda oleh lengan robot, hingga pemindahan ke tempat sesuai warna yang telah ditentukan. 3) Pengujian kinerja alat dalam mengenali warna dan memindahkan barang ke posisi yang sesuai menunjukkan hasil yang baik. Sensor TCS3200 mampu mendeteksi empat warna utama (merah, hijau, biru, dan

kuning) dengan tingkat keakuratan yang cukup tinggi. Lengan robot dapat memindahkan barang sesuai warna secara otomatis, meskipun terdapat sedikit kendala seperti ketidakstabilan pembacaan sensor akibat pengaruh pencahayaan dan pergerakan servo yang kurang presisi. Secara keseluruhan, sistem telah berfungsi sesuai dengan rancangan dan mampu melakukan proses pemilahan barang berdasarkan warna secara otomatis.

## DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, C. N., Dewi, R., Junita, N., Psychology, P. S., Medicine, F., Malikussaleh, U., Cot, J., Nie, T., Batu, M., & Indonesia, A. U. (2025). Overview of psychological well-being in women with breast cancer. 3(4), 713-725.
- Akel, R., Darsa, H. E., Anouti, B., Mukherji, D., Temraz, S., Raslan, R., Tfayli, A., & Assi, H. (2023). Anxiety, depression, and quality of life in breast cancer patients in the Levant. 18, 2809-2816. <https://doi.org/10.22034/APJCP.2017.18.10.2809>
- Ayu, H. R., & Mujiasih, E. (2022). Psychological well-being reviewed from problem-focused coping in employees of PT. Pantjatunggal Knitting Mill Semarang. 11, 245-250. <https://doi.org/10.14710/empati.0.36469>
- Collins, S. P., Storrow, A., Liu, D., Jenkins, C. A., Miller, K. F., Kampe, C., & Butler, J. (2021). Psychological well-being in cancer patients. *Psychological Well-Being in Cancer Patients*, 167-186.
- Di, P., & Rcbadak, Y. (2024). The relationship between quality of life and psychological well-being in breast cancer patients at the Rcbadak Foundation. 13(2), 207-220. <https://doi.org/10.37048/Kesehatan.V13i2.293>
- Johnson, A. (2021). Mammary sarcoma. *Ugeskrift For Laeger*, 110(27), 788-790.
- Khairy, E. A. (2022). Quality of life journal. Retrieved from <https://lp3m.thamrin.ac.id/upload/jurnal/jurnal-1519375940.pdf>
- Kustanto, S. P., Murwanti, R., & Nugroho, A. E. (2023). Study of side effects in breast cancer patients with paclitaxel-epirubicin-fluorouracil regimen at Temanggung District Hospital. *Pharmaceutical Magazine*, 19(4), 2023. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v19i4.89064>
- Lee, K., & Kim, S. H. (2020). Patients' and nurses' perceptions of what constitutes good nursing care: An integrative review. *Research and Theory for Nursing Practice*, 34(2), 144-169. <https://doi.org/10.1891/RTNP-D-19-00070>
- Leuwol, F. S., Ramdan Yusuf, E., Eko Wahyudi, & Nunung Suryana Jamin. (2023). The influence of environmental quality on individual psychological well-being in metropolitan cities. *Multidisciplinary Journal of West Science*, 2(08), 714-720. <https://doi.org/10.58812/Jmws.V2i08.592>
- Noviyani, R., Tunas, K., Indrayathi, A., & Budiana, N. G. (2021). Validity and reliability test of the EORTC QLQ C-30 questionnaire to assess the quality of life of gynecological cancer patients at Sanglah General Hospital, Denpasar. *Indonesian Journal of Clinical Pharmacy*, 5(2), 106-114. <https://doi.org/10.15416/Ijcp.2016>
- Pingan, W., Kaunang, J., Pakaya, T., Pasundung, J., & Vinza, J. E. (2024). Breast cancer book. December.

- Priority, J. K. (2022). Breast cancer patients. 5(2), 1-12.
- Rahayu, S. M., & Suprpti, T. (2021). Quality of life of cancer patients undergoing chemotherapy at the Bandung Cancer Society. *Jurnal Wacana Kesehatan*, 5(2), 551. <https://doi.org/10.52822/Jwk.V5i2.148>
- Rusdi, N. K., Iskandar, I., Maifitrianti, M., Nurhasnah, N., Sulistyaningsih, E., & Safitri, L. D. (2024). Quality of life of breast cancer patients using the QLQ BR-23 questionnaire at Dharmais Cancer Hospital, West Jakarta. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 9(2), 186. <https://doi.org/10.20961/Jpscr.V9i2.84445>
- Septiantoro, B. P. (2024). *Journal of science and health*. 3(3), 505-512.
- Setiawan, H., Khaerunnisa, R. N., Ariyanto, H., & Fitriani, A. (2021). Yoga improves quality of life in cancer patients: Literature review. 8(1), 75-88. <https://doi.org/10.31603/nursing.v8i1.3848>
- Siwi, A. S., Sumarni, T., Fadly, A. R., & Hidayat, A. I. (2021). Quality of life in cancer patients undergoing chemotherapy. 340-3347.
- Study, P., Nursing, S., Profession, P., Faculty, N., University, K., Cancer, A., & Rank, S. (2024). The relationship between family support and psychological status in post-chemotherapy breast cancer patients. Putu Krisna Candra Yoga, Putu Oka Yuli Nurhesti, Ida Arimurti Sanjiwani, Desak Made Widyanthari, 13, 58-66.
- Zahroh, N. F. (2024). The relationship between emotional intelligence and psychological well-being of final year students of the Faculty of Psychology, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Unpublished Manuscript.