

Perancangan Scada Berbasis Internet of Things Pada Sistem Pemilah Barang Berdasarkan Objek Menggunakan Konveyor dan Lengan Robot

Noval Khadafi Oktaviansyah^a, Aryuanto Soetedjo^b, Radimas Putra Muhammad Davi Labib^c

^{abc}Department of Electrical Engineering, Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2 April 2025
Received in revised form
10 Mei 2025
Accepted 1 Juni 2025
Available online 15 Juni 2025

Keywords:

SCADA
Internet of Things (IoT)
Modbus TCP/IP
Real-time
(3-5 keywords)

ABSTRACT

The SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) system is designed to monitor and control the operation of complex equipment or processes. IoT-based SCADA for sorting items based on objects using conveyors and robotic arms. The main problem faced is how to develop a monitoring system that can display the position of object movements in *real-time* with high accuracy. The objective of this research is to design and implement IoT-based SCADA technology to improve the efficiency and accuracy of the sorting system. The methods used include hardware and software design, Modbus TCP/IP communication programming using ESP32, and system performance testing through various parameters. The research results show that the SCADA system is capable of accurately monitoring the movement and animation of objects. In the results of the *real-time* monitoring test, there was a time lag between the actual conditions and the monitoring display, with the obtained results being 1.098, 1.176, and 1.20 seconds, which still meet industry standards. In the survey results, the monitoring display received a score of 4.11, which falls into the user-friendly category. The implementation of IoT enables remote monitoring, and survey results indicate that the SCADA interface is user-friendly and enhances the operational efficiency of the system.

1 Pendahuluan

Penggunaan konveyor dan lengan robot pada dunia industri merupakan salah satu revolusi 3.0 yang sudah banyak digunakan untuk menunjang sistem pemilahan pada industri[1]. Konveyor adalah sistem mekanis yang digunakan untuk memindahkan material atau produk dari satu titik ke titik lain secara otomatis. Sistem ini sering digunakan dalam jalur produksi untuk : memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain[2][3][4]. Sedangkan lengan robot merupakan perangkat otomatisasi yang dapat melakukan tugas dengan tingkat presisi tinggi[5][6][7]. Dalam sistem pemilahan, lengan robot digunakan untuk : mengambil, memindahkan, dan meletakkan objek ke lokasi yang sesuai[5][6]. Untuk menyambut era industri 4.0 yang dimana era ini muncul teknologi *IoT* diperlukan terobosan dan inovasi baru. Teknologi ini diklaim memudahkan dan sangat menarik dimana nantinya alat/mesin dapat dikendalikan tanpa bantuan manusia[1][8].

Dalam era perkembangan industri 4.0 saat ini, teknologi sistem kendali sangat berkembang pesat terutama dalam hal *IoT* (*Internet Of Things*)[1]. Revolusi Industri 4.0 sendiri terjadi pada sekitar tahun 2010 melalui rekayasa *intelligence* dan *Internet Of Things* sebagai tulang punggung pergerakan serta konektivitas antara manusia dan mesin. *IoT* merupakan sebuah sistem yang dimana memiliki tujuan untuk memperluas pemanfaatan dari konektivitas internet yang diintegrasikan pada benda-benda fisik secara berkesinambungan. *IoT* memungkinkan berbagai perangkat terhubung/terintegrasi seperti halnya sensor, aktuator, serta perangkat cerdas lainnya dan dapat berkomunikasi satu sama lain melalui internet[9][10].

Di dunia industri dikenal salah satu implementasi otomatisasi yang berkembang adalah SCADA. *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) merupakan sebuah platform untuk monitoring serta memantau seluruh proses pemilahan dan ditunjang dengan adanya data logger yang mampu menyimpan semua data parameter yang digunakan didalamnya.[11][12]. Dengan mengikuti perkembangan industri 4.0 muncul satu ide pengembangan penggabungan teknologi SCADA berbasis *IoT* untuk keperluan monitoring keseluruhan proses penyortiran pada konveyor dan lengan robot yang memudahkan dalam pemantauan data dari satu tempat dengan menggunakan internet.

Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian ini untuk mengembangkan sebuah sistem monitoring yang

mengintegrasikan SCADA dan *IoT*, dimana nantinya SCADA berfungsi sebagai tampilan monitoring sistem dari pengumpulan data *real-time* dari berbagai sensor dan aktuator yang terpasang pada konveyor dan lengan robot. Untuk *IoT* nya sebagai akses SCADA yang dapat dimonitoring dimana saja melalui perangkat handphone atau laptop dengan menggunakan internet. Berdasarkan artikel jurnal [13] dan [14], penulis mengembangkan tampilan monitoring dengan memuat beberapa parameter sebagai berikut : objek yang dipilah dapat ditampilkan pada tampilan SCADA sesuai kondisi real, objek dapat berjalan secara *realtime* sesuai kondisi real pada konveyor, kode klasifikasi objek, dan titik koordinat pergerakan objek diatas konveyor, serta data historikal yang dapat menyimpan keseluruhan sistem yang dimonitoring. Berdasarkan artikel jurnal[5], penulis mengembangkan pemantauan nilai pergerakan dari setiap motor servo yang terdapat pada lengan robot dengan tujuan dapat memantau kinerja dari setiap motor.

2 Studi Literatur

Artikel jurnal di [13], memiliki tujuan mengembangkan modul praktikum pemilah logam berdasarkan berat yang dilengkapi dengan pemantauan berbasis *IoT* menggunakan SCADA. Modul ini dirancang untuk mendukung pendidikan di bidang otomasi industri, khususnya untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam memahami konsep dan aplikasi kontrol industri nyata. Hasil dari penelitian tersebut berupa sistem kontrol yang sudah berjalan sesuai dan komunikasi antar perangkat seperti PC, PLC, HMI, dan perangkat Android berjalan stabil menggunakan protokol Modbus RS-485.

Pada penelitian tersebut menggunakan beberapa komponen diantaranya : PLC Outseal Mega V.1, HMI Haiwell C7S, Power Supply 24v, Motor DC GearBox, Sensor Proximity Induktif, Sensor Proximity Infrared, Load Cell, Pilot Lamp, Step Down, dan Arduino. Kemudian, yang dimonitoring hanya indikator sistem kerja dari sistem pemilah logam dan juga protokol yang digunakan pada penelitian ini yaitu protokol Modbus RS-485[13].

Artikel jurnal di [14], memiliki tujuan merancang dan membangun sistem monitoring area packaging di PT Garam (Persero) menggunakan PLC Outseal dan Haiwell HMI. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi operasional area *packaging*, meminimalkan kesalahan manusia dalam pemantauan produksi, memberikan data *real-time* tentang level silo, hasil produksi, dan alur kerja *packaging*, serta mengurangi risiko downtime produksi akibat overload silo. Hasil dari penelitian tersebut adalah komunikasi antara PLC Outseal dan Haiwell

SCADA menggunakan RS-485 berjalan tanpa kendala dan sistem monitoring area packing berhasil meningkatkan efisiensi dengan memberikan data *realtime* kepada operator.

Penelitian ini mengembangkan prototipe sistem monitoring berbasis SCADA yang terdiri dari PLC Outseal Nano V5.2, Software HMI Designer, module relay 5v, sensor infrared, motor servo, konveyor, silo produk dan motor dc 12v. Lalu untuk protokol Modbusnya menggunakan protokol Modbus RS-485. Kemudian, yang dimonitoring terdiri dari indikator kerja dari sistem, data production recap, dan level pengisian silo. Serta, protokol yang digunakan pada penelitian ini yaitu protokol Modbus RS-485[14].

Artikel jurnal di [5], bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi pergerakan lengan robot dibandingkan robot dengan DoF yang lebih rendah (3-5 DoF). Mengintegrasikan teknologi SCADA untuk memantau dan mengendalikan sistem secara jarak jauh, sehingga meningkatkan otomatisasi dan efisiensi proses produksi. Menilai kinerja robot dalam berbagai kondisi kecepatan untuk memahami efektivitasnya dalam aplikasi industri. Hasil dari penelitian tersebut berupa efisiensi proses produksi dan SCADA untuk monitoring dan pengendalian.

Penelitian ini menggunakan beberapa komponen yaitu antara lain : Sensor, PLC, Sistem Pneumatik, Konveyor, Controller (RCB Controller), Lengan Robot 6 DoF Denso, e!Cockpit Software dan antarmuka SCADA[5].

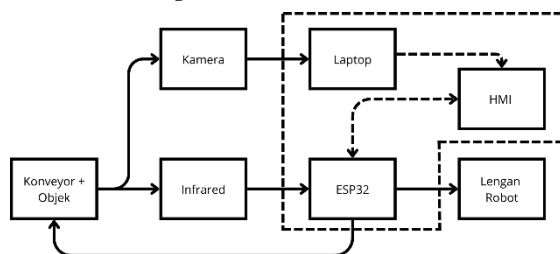
Artikel jurnal di [15], bertujuan untuk membahas pengembangan sistem SCADA berbasis IoT yang memanfaatkan teknologi cloud, serta mengidentifikasi tantangan keamanan utama yang muncul akibat integrasi IoT dan cloud computing. Selain itu, jurnal ini mengevaluasi langkah-langkah yang dapat diambil untuk meningkatkan keamanan SCADA berbasis IoT. Jurnal tersebut berisikan tentang evolusi sistem SCADA, manfaat SCADA berbasis IoT, tantangan keamanan, Solusi dan rekomendasi keamanan dan arah penelitian di masa depan.

Pengembangan aplikasi Monitoring Scada pada Sistem Pemilah Barang berdasarkan Objek Menggunakan Konveyor dan Lengan Robot berbasis IoT. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan terkait pengumpulan data dari aktuatur dan sensor menggunakan Esp32 dan laptop. Lalu, pada penelitian sebelumnya menggunakan protokol komunikasi berbasis kabel yaitu RS-485 beralih menggunakan sistem IoT dan memanfaatkan protokol Modbus TCP.

Terdapat perbedaan dimana pada penelitian ini yang dimonitoring memuat beberapa parameter sebagai berikut : objek bergerak *realtime* sesuai kondisi nyata dan bentuk objek pada tampilan scada dapat berubah sesuai objek nyata, data pemilahan, data angle setiap motor servo, dan data koordinat pergerakan objek.

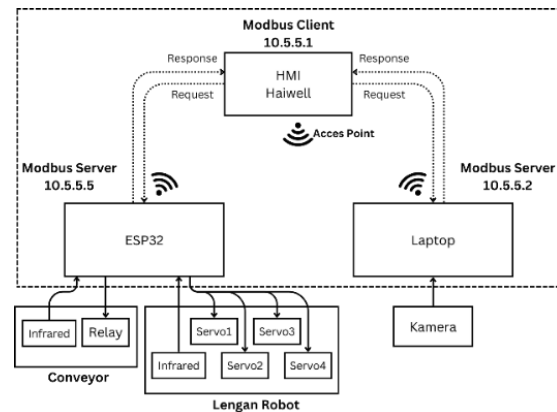
3 Metodologi

3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan Gambar 1. diatas penulis membahas tentang komunikasi antara Esp32, Laptop, dan Scada. Untuk jenis komunikasi yang dipakai adalah Modbus TCP/IP dimana komunikasi tersebut menggunakan jaringan IP untuk menghubungkan ketiga komponen utama tersebut.



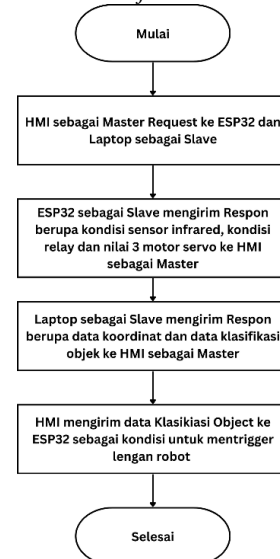
Gambar 2. Diagram Blok Jaringan Sistem

Berdasarkan Gambar 2. diatas, protokol komunikasi yang digunakan adalah protokol Modbus TCP/IP. Komunikasi ini mendukung tanpa adanya kabel, dimana semua perangkat kontrol terhubung ke satu titik *Access Point* yang sama. Dalam sistem ini HMI Haiwell bertugas sebagai *Modbus Client* (mengumpulkan data dari berbagai perangkat yang digunakan) dan menjadi *Access Point* utama yang mengkoneksikan antara perangkat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu : ESP32 dan Laptop. Lalu, untuk Laptop bertugas sebagai *Modbus Server* (menyediakan dan mengirimkan data penyortiran barang berdasarkan objek oleh kamera, serta data pergerakan objek diatas konveyor secara *realtime* berdasarkan perintah yang diterima dari *Client*). Begitu juga dengan ESP32 bertugas sebagai *Modbus Server* (menyediakan dan mengirimkan data *realtime* pergerakan setiap motor servo serta indikator sensor bekerja berdasarkan perintah yang diterima dari *Client*).

3.2 Cara Kerja Sistem

Cara kerja dari sistem yang telah dibuat adalah dimulai dengan inialisasi modul webcam dan konveyor berjalan. Setelah itu, objek ditaruh di konveyor dan akan berjalan sampai tempat yang telah ditentukan. Ketika objek berjalan kamera akan mengenali bentuk dan warna objek, kemudian dikirimkan ke scada dalam bentuk kode. Lalu, ketika objek sampai ditempat tujuan akan mengenai sensor infrared dan mentrigger konveyor untuk berhenti kemudian lengan robot akan bekerja untuk memilah objek sesuai dengan perintah yang telah ditentukan.

3.3 Flowchart Cara Kerja Scada



Gambar 3. Flowchart Cara Kerja Scada

Menurut Gambar 3. dimulai dengan HMI sebagai *master* request ke esp32 dan laptop. Kemudian, esp32 sebagai *slave* akan mengirim respon berupa kondisi sensor infrared dan kondisi relay

ke HMI sebagai *master*. Begitu juga dengan laptop sebagai *slave* akan mengirim respon berupa data koordinat dan data klasifikasi objek ke HMI sebagai *master*. Setelah itu, HMI mengirim data klasifikasi objek ke esp32 sebagai kondisi untuk mentrigger lengan robot. Lengan robot bekerja dan akan mengirim data nilai sudut pergerakan setiap motor servo dari esp32 sebagai *slave* ke HMI sebagai *master*.

4 Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Monitoring Pemilahan Barang Berdasarkan Objek

Tabel 1. Hasil Pengujian Tampilan Monitoring Pemilahan Barang

No	Pendeteksian Warna & Bentuk	Hasil Pendeteksian n Computer Vision	Hasil Tampilan Scada	Berhasil / Tidak
1	Tabung Tidak Ada Warna	✓	✓	Berhasil
2	Tabung Merah	✓	✓	Berhasil
3	Tabung Biru	✓	✓	Berhasil
4	Tabung Kuning	✓	✓	Berhasil
5	Kubus Tidak Ada Warna	✓	✓	Berhasil
6	Kubus Merah	✓	✓	Berhasil
7	Kubus Biru	✓	✓	Berhasil
8	Kubus Kuning	✓	✓	Berhasil

Merujuk pada Tabel 1. ditunjukkan hasil bahwa Scada dapat menampilkan keseluruhan bentuk dan warna objek yang di deteksi oleh kamera. Percobaan dilakukan dengan 8 objek yang berbeda-beda.

Dokumentasi penunjang hasil pengujian tampilan scada monitoring proses pemilahan barang, sebagai berikut :

- Tabung Merah



Gambar 4. Tampilan Scada hasil Pengujian Objek Pemilahan Tabung Merah

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan tentang tampilan scada monitoring proses pemilahan barang berdasarkan objek berhasil menampilkan animasi objek sesuai kondisi riil.

4.2 Hasil Pengujian Posisi Riil Objek Berjalan

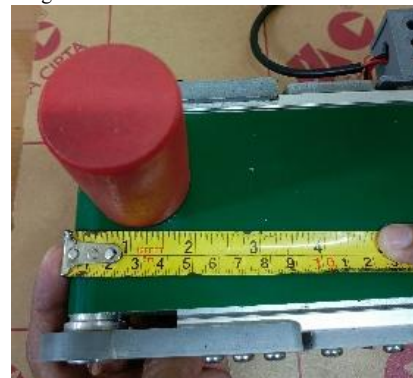
Tabel 2. Hasil Pengujian Posisi 1 Objek Riil

No	Objek	Posisi 1 Objek Riil (cm)	Posisi 1 Objek pada Tampilan Scada (cm)	Selisih (cm)
1	Tabung Merah	2,5	4	1,5
2	Tabung Tidak Ada Warna	2,5	4	1,5
3	Tabung Kuning	2,5	4	1,5
4	Kubus Merah	3	4	1
5	Kubus Tidak Ada Warna	3	4	1
Rata – rata selisih				1,3

Berdasarkan Tabel 2. dijelaskan terkait percobaan pengujian posisi 1 objek riil dan posisi pada tampilan Scada diawal konveyor dengan mendapatkan nilai selisih keseluruhan sebesar 1,3 cm.

Dokumentasi penunjang hasil pengujian posisi 1 riil objek berjalan dan tampilan scada monitoring, sebagai berikut :

- Tabung Merah



Gambar 5. Hasil Pengujian Posisi 1 Tabung Merah Riil

Gambar 5. menunjukkan posisi 1 tabung merah pada kondisi riil memiliki jarak sebesar 2,5 cm.



Gambar 6. Hasil Pengujian Posisi 1 Tabung Merah pada Tampilan Scada

Gambar 6. menunjukkan posisi 1 tabung merah pada tampilan monitoring SCADA memiliki jarak sebesar 4 cm.

- Tabung Kuning



Gambar 7. Hasil Pengujian Posisi 1 Tabung Kuning Riil

Gambar 7. menunjukkan posisi 1 tabung kuning pada kondisi riil memiliki jarak sebesar 2,5 cm.



Gambar 8. Hasil Pengujian Posisi 1 Tabung Kuning pada Tampilan Scada

Gambar 8. menunjukkan posisi 1 tabung kuning pada tampilan monitoring SCADA memiliki jarak sebesar 4 cm.

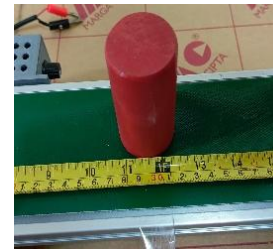
Tabel 3. Hasil Pengujian Posisi 2 Objek Riil

No	Objek	Posisi 2 Objek Riil (cm)	Posisi 2 Objek pada Tampilan Scada (cm)	Selisih (cm)
1	Tabung Merah	29,5	30	1,5
2	Tabung Tidak Ada Warna	29,5	30	0,5
3	Tabung Kuning	29,5	30	0,5
4	Kubus Merah	29,5	30	0,5
5	Kubus Tiidak Ada Warna	29,5	30	0,5
Rata – rata selisih				0,7

Berdasarkan Tabel 3. dijelaskan terkait percobaan pengujian posisi 2 objek riil dan posisi pada tampilan Scada ditengah konveyor dengan mendapatkan nilai selisih keseluruhan sebesar 0,7 cm.

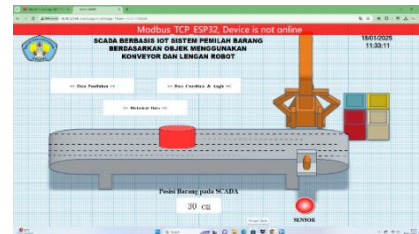
Dokumentasi penunjang hasil pengujian posisi 2 riil objek berjalan dan tampilan scada monitoring, sebagai berikut :

- Tabung Merah



Gambar 9. Hasil Pengujian Posisi 2 Tabung Merah Riil

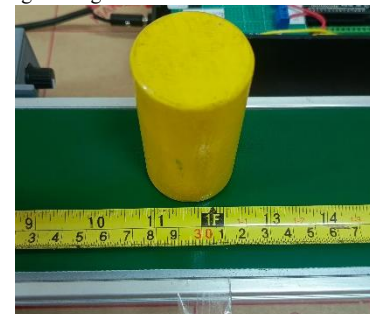
Gambar 9. menunjukkan posisi 2 tabung merah pada kondisi riil memiliki jarak sebesar 29,5 cm.



Gambar 10. Hasil Pengujian Posisi 2 Tabung Merah pada Tampilan Scada

Gambar 10. menunjukkan posisi 2 tabung merah pada tampilan monitoring SCADA memiliki jarak sebesar 30 cm.

- Tabung Kuning



Gambar 11. Hasil Pengujian Posisi 2 Tabung Kuning Riil

Gambar 11. menunjukkan posisi 2 tabung kuning pada kondisi riil memiliki jarak sebesar 29,5 cm.



Gambar 12. Hasil Pengujian Posisi 2 Tabung Kuning pada Tampilan Scada

Gambar 12. menunjukkan posisi 2 tabung kuning pada tampilan monitoring SCADA memiliki jarak sebesar 30 cm.

Tabel 4. Hasil Pengujian Posisi 3 Objek Riil

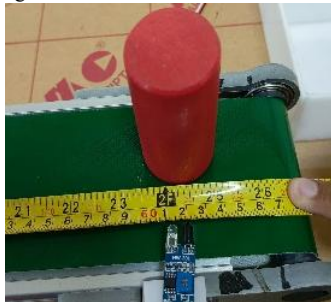
No	Objek	Posisi 3 Objek Riil (cm)	Posisi 3 Objek pada Tampilan	Selisih (cm)
----	-------	--------------------------	------------------------------	--------------

			Scada (cm)	
1	Tabung Merah	62	62	0
2	Tabung Biru	62	61	1
3	Tabung Kuning	62	62	0
4	Kubus Merah	61,5	61	0,5
5	Kubus Tidak Ada Warna	61,5	61	0,5
Rata – rata selisih				0,4

Berdasarkan Tabel 4. dijelaskan terkait percobaan pengujian posisi 3 objek riil dan posisi pada tampilan Scada diakhir konveyor dengan mendapatkan nilai selisih keseluruhan sebesar 0,4 cm.

Dokumentasi penunjang hasil pengujian posisi 3 riil objek berjalan dan tampilan scada monitoring, sebagai berikut :

- Tabung merah



Gambar 13. Hasil Pengujian Posisi 3 Tabung Merah Riil

Gambar 13. menunjukkan posisi 3 tabung merah pada kondisi riil memiliki jarak sebesar 62 cm.



Gambar 14. Hasil Pengujian Posisi 3 Tabung Merah pada Tampilan Scada

Gambar 14. menunjukkan posisi 3 tabung merah pada tampilan monitoring SCADA memiliki jarak sebesar 30 cm.

- Tabung Kuning



Gambar 15. Hasil Pengujian Posisi 3 Tabung Kuning Riil

Gambar 15. menunjukkan posisi 3 tabung kuning pada kondisi riil memiliki jarak sebesar 62 cm.



Gambar 16. Hasil Pengujian Posisi 3 Tabung Kuning pada Tampilan Scada

Gambar 16. menunjukkan posisi 3 tabung kuning pada tampilan monitoring SCADA memiliki jarak sebesar 62 cm.

Tabel 5. Persentase Hasil Pengujian Posisi Objek Riil

No	Percobaan	Selisih Posisi Objek Percobaan (cm)	Posisi Objek Riil (cm)	Persentase
1	Posisi 1 (Objek diawal)	1,3	2,5	52 %
2	Posisi 2 (Objek ditengah)	0,7	29,5	2,37 %
3	Posisi 3 (Objek diakhir)	0,4	62	0,64 %

Berdasarkan Tabel 5. hasil pengujian menunjukkan variasi persentase posisi objek riil, yaitu sebesar 52% pada posisi 1 (objek di awal), 2,37% pada posisi 2 (objek di tengah), dan 0,64% pada posisi 3 (objek di akhir).

Tabel 6. Klasifikasi Persentase Pengujian Posisi Objek Riil

No	Range Nilai Persentase (%)	Kategori	Keterangan Riil
1	0 – 5 %	Sangat Akurat	Sangat Riil
2	6 – 15 %	Akurat	Riil
3	16 – 30 %	Cukup Akurat	Hampir Riil
4	31 - 50 %	Kurang Akurat	Tidak Riil
5	51 – 100 %	Tidak Akurat	Tidak Riil (Jauh dari Riil)

Berdasarkan Tabel 6. hasil pengujian menunjukkan bahwa posisi objek riil pada posisi 1 termasuk dalam kategori tidak akurat, karena berada pada rentang nilai 51–100%. Sementara itu, posisi 2 dan 3 dikategorikan sebagai sangat akurat, karena berada dalam rentang nilai 0–5%.

4.3 Hasil Pengujian Realtime Posisi Objek

Tabel 7. Hasil Pengujian *Realtime* Posisi Objek Awal sampai Tengah

No	Waktu Pergerakan Objek secara Riil (detik)	Waktu Pergerakan Objek pada Tampilan Scada (detik)	Selisih (detik)
1	04,27	05,53	1,26
2	03,91	04,72	0,81
3	04,15	05,37	1,22
4	04,14	05,52	1,38
5	04,32	05,14	0,82
Rata – rata selisih			1,098

Berdasarkan Tabel 7. dijabarkan terkait percobaan pengujian *realtime* posisi objek awal sampai tengah riil dan posisi pada tampilan Scada dengan mendapatkan nilai selisih keseluruhan sebesar 1,098 detik.

Tabel 8. Hasil Pengujian *Realtime* Posisi Objek Tengah sampai Akhir

No	Waktu Pergerakan Objek secara Riil (detik)	Waktu Pergerakan Objek pada Tampilan Scada (detik)	Selisih (detik)
1	04,27	05,65	1,38
2	04,58	05,86	1,28
3	04,71	05,59	0,88
4	04,72	05,91	1,19
5	04,57	05,72	1,15
Rata – rata selisih			1,176

Berdasarkan Tabel 8. dijabarkan terkait percobaan pengujian *realtime* posisi objek tengah sampai akhir riil dan posisi pada tampilan Scada dengan mendapatkan nilai selisih keseluruhan sebesar 1,176 detik.

Tabel 9. Hasil Pengujian *Realtime* Posisi Objek Awal sampai Akhir

No	Waktu Pergerakan Objek secara Riil (detik)	Waktu Pergerakan Objek pada Tampilan Scada (detik)	Selisih (detik)
1	08,88	09,97	1,09
2	08,89	10,27	1,38
3	08,86	10,22	1,36
4	09,05	10,41	1,36
5	08,85	09,70	0,85
Rata – rata selisih			1,20

Berdasarkan Tabel 9. dijabarkan terkait percobaan pengujian *realtime* posisi objek awal sampai akhir riil dan posisi pada tampilan Scada dengan mendapatkan nilai selisih keseluruhan sebesar 1,20 detik.

Tabel 10. Persentase Hasil Pengujian Objek Berjalan *Realtime*

No	Percobaan	Selisih Delay Percobaan (detik)	Waktu Tempuh (detik)	Persentase
1	Awal sampai Tengah	1.098	4	25%
2	Tengah sampai Akhir	1.176	4	25%
3	Awal sampai Akhir	1.20	8	12,5%

Berdasarkan Tabel 10. hasil pengujian *realtime* menunjukkan bahwa klasifikasi pengujian dari awal ke tengah dan dari tengah ke akhir memperoleh persentase sebesar 25%,

sedangkan pengujian *realtime* dari awal ke akhir memperoleh persentase sebesar 12,5%.

Tabel 11. Klasifikasi Persentase Hasil Pengujian *Realtime* Posisi Objek Berjalan

No	Range Nilai Persentase (%)	Kategori	Keterangan Realtime
1	0 – 10 %	Sangat Kecil	Sangat Realtime
2	11 – 25 %	Kecil	Realtime
3	26 – 50 %	Sedang	Hampir Realtime
4	51 – 75 %	Besar	Tidak Realtime
5	76 – 100 %	Sangat Besar	Tidak Realtime (Lambat)

Berdasarkan Tabel 11. hasil pengujian posisi objek secara *realtime* pada tiga percobaan yang telah dilakukan termasuk dalam kategori kecil, karena berada dalam rentang nilai 11–25% dan disertai keterangan *realtime*.

4.4 Hasil Pengujian IoT Sistem

1. Percobaan menggunakan Provider Telkomsel

Tabel 12. Hasil Pengujian IoT sistem menggunakan Provider Telkomsel

No	Waktu Pergerakan Objek secara Riil (detik)	Waktu Pergerakan Objek pada Tampilan Scada IoT (detik)	Selisih (detik)
1	8,68	11,66	2,98
2	8,73	10,51	1,78
Rata – rata selisih			2,38

Pada Tabel 12. menunjukkan hasil pengujian IoT sistem dimana menghasilkan perbandingan waktu yang berbeda antar kondisi riil dan tampilan HMI. Dengan menggunakan provider telkomsel menghasilkan selisih delay sebesar 2,38 detik.

2. Percobaan menggunakan Provider 3 Indonesia

Tabel 13. Hasil Pengujian IoT sistem menggunakan Provider 3 Indonesia

No	Waktu Pergerakan Objek secara Riil (detik)	Waktu Pergerakan Objek pada Tampilan Scada IoT (detik)	Selisih (detik)
1	8,86	10,51	1,65
2	8,74	11,24	2,5
Rata – rata selisih			2,075

Pada Tabel 13. Menunjukkan hasil pengujian IoT sistem dimana menghasilkan perbandingan waktu yang berbeda antar kondisi riil dan tampilan HMI. Dengan menggunakan provider 3 Indonesia menghasilkan selisih delay sebesar 2,075 detik.

3. Percobaan menggunakan Wifi Lab. Otomasi – ITN Malang

Tabel 14. Hasil Pengujian IoT sistem menggunakan Wifi Lab. Otomasi – ITN Malang

No	Waktu Pergerakan Objek secara Riil (detik)	Waktu Pergerakan Objek pada Tampilan Scada IoT (detik)	Selisih (detik)
1	8,65	10,37	1,72
2	8,66	10,24	1,58
Rata – rata selisih			1,65

Pada Tabel 14. Menunjukkan hasil pengujian IoT sistem dimana menghasilkan perbandingan waktu yang berbeda antar kondisi riil dan tampilan hmi. Dengan menggunakan Wifi Lab

Otomasi – ITN Malang menghasilkan selisih delay sebesar 1,65 detik.

4. Percobaan menggunakan Wifi Lokal HMI

Tabel 15. Hasil Pengujian IoT sistem menggunakan Wifi Lokal HMI

No	Waktu Pergerakan Objek secara Riil (detik)	Waktu Pergerakan Objek pada Tampilan Scada IoT (detik)	Selisih (detik)
1	8,57	10,11	1,54
2	8,68	9,99	1,31
Rata – rata selisih			1,425

Pada Tabel 15. Menunjukkan hasil pengujian IoT sistem dimana menghasilkan perbandingan waktu yang berbeda antar kondisi riil dan tampilan HMI. Dengan menggunakan wifi lokal HMI menghasilkan selisih delay sebesar 1,425 detik.

4.5 Hasil Survei Tampilan Monitoring Scada Proses Pemilahan Barang User-Friendly

Tabel 16. Hasil Survei Tampilan Monitoring Scada

No	Pertanyaan					
	1	2	3	4	5	6
1	5	4	5	4	4	4
2	4	4	5	4	5	4
3	5	4	4	3	4	4
4	4	3	4	3	4	4
5	4	4	5	4	4	5
6	5	4	4	4	4	4
7	4	3	4	4	3	3
8	3	4	4	4	3	3
9	4	5	5	5	5	5
10	5	4	5	4	4	4
Rata-rata	4,3	3,9	4,4	4	4	4,1
Rata – rata keseluruhan	4,11					

Berdasarkan pada Tabel 16. dimana dijelaskan hasil survei terkait tampilan monitoring SCADA *user-friendly* yang telah dilakukan mendapatkan rata-rata nilai keseluruhan untuk 6 pertanyaan yang telah diajukan kepada responden adalah 4,11.

Tabel 17. Klasifikasi Range Nilai Hasil Survei Tampilan Monitoring Scada

No	Range Nilai Indikator Survey	Kategori	Keterangan <i>User-friendly</i>
1	1,0 – 1,9	Sangat Tidak Baik	Sangat Tidak <i>User-Friendly</i>
2	2,0 – 2,9	Kurang Baik	Tidak <i>User-Friendly</i>
3	3,0 – 3,9	Cukup Baik	<i>User-Friendly</i> dengan perbaikan
4	4,0 – 4,5	Baik	<i>User-Friendly</i>
5	4,5 – 5,0	Sangat Baik	Sangat <i>User-Friendly</i>

Berdasarkan Tabel 17. menunjukkan bahwa hasil survei tampilan monitoring Scada proses pemilahan barang yang menghasilkan nilai dengan rata-rata keseluruhan 4,11 termasuk ke dalam kategori baik dan memuat keterangan *user-friendly*.

4.6 Hasil Pengujian Peningkatan Kinerja Sistem

Tabel 18. Hasil Pengujian Perbandingan Peningkatan Kinerja Sistem

No	Fitur SCADA pada sistem <i>Baseline</i>	Fitur SCADA pada sistem yang telah dibuat
1	Hanya dapat monitoring jumlah barang yang dipilah.	Dapat memonitoring pergerakan objek diatas konveyor. Fitur ini sangat efektif untuk memantau objek apakah objek stabil atau ada gangguan hingga objek jatuh diatas konveyor.
2	Parameter yang dipantau terbatas.	Parameter yang dipantau lebih banyak seperti : kode klasifikasi objek, data <i>realtime</i> pergerakan objek dalam cm dan juga titik koordinatnya, objek pada tampilan scada dapat berubah sesuai objek pada kondisi riil, dan data historical dari semua parameter.
3	Masih belum menggunakan IoT dan monitoring langsung pada tampilan hardware HMI.	Sudah menggunakan fitur IoT dimana seluruh aktivitas actuator dan sensor yang ada pada sistem pemilahan dapat dipantau/dimonitoring dari tempat yang berbeda dengan menggunakan internet.

Berdasarkan Tabel 18. menjelaskan terkait perbandingan dari sistem *baseline* dengan sistem yang telah dibuat. Perbandingan yang telah dijelaskan oleh penulis menunjukkan bahwa telah tercapai adanya peningkatan sistem dari sistem *baseline* sebelumnya.

5. Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem SCADA berbasis IoT berhasil melakukan pemilahan barang dengan akurasi tinggi, di mana data dari komputer vision sesuai dengan tampilan SCADA. Sistem mampu memantau pergerakan objek secara *real-time* dengan selisih waktu yang masih dalam batas toleransi, serta menunjukkan stabilitas performa. Pengujian IoT pada berbagai jaringan internet mengindikasikan bahwa Wifi Lokal HMI memiliki respon tercepat (1,425 detik), sementara Telkomsel paling lambat (2,38 detik). Survei pengguna juga menunjukkan bahwa tampilan antarmuka SCADA yang dikembangkan bersifat *user-friendly*. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan sistem *baseline*, membuktikan bahwa tujuan penelitian telah tercapai.

1. Kontribusi Penulis

Dalam penelitian ini, penulis Noval Khadafi Oktaviansyah, Aryanto Soetedjo dan Radimas Putra Muhammad Davi Labib bertanggung jawab atas isi penelitian ini terkait perancangan penelitian, pengumpulan data, analisis yang dihasilkan pada penelitian ini.

2. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Laboratorium Otomasi Industri & Robotika Program Studi Teknik Elektro S1 Institut Teknologi Nasional Malang atas segala suport dan dukungannya pada penelitian ini..

3. Referensi

- [1] D. Tantangan, P. Sosial Banuprasetyo, And D. Trisyanti, “Revolusi Industri 4.0 Dan Tantangan Perubahan Sosial,” 2018.
- [2] H. Natasya, Seno D. Panjaitan, “Perancangan Perangkat Keras Sistem Conveyor,” Vol. 1, No. 12, Pp. 2439–2450, 2022.
- [3] H. Hafidz, “Perancangan Otomatis Konveyor Pemisah

- Produk Berdasarkan Warna Berbasis Arduino Nano Di Pt. Jonan Indonesia,” *J. Vocat. Educ.*, Vol. 1, No. 1, 2022, [Online]. Available: [Http://Scientific-Journal.Net/Index.Php/Jove/Article/View/12](http://Scientific-Journal.Net/Index.Php/Jove/Article/View/12)
- [4] S. R. S. Idries Syach, Yumma Salma Azzahra, “Monitoring Dan Kendali Konveyor Penyortir Barang Berdasarkan Warna Rgb Berbasis Internet of Things,” Vol. 2, No. 11, P. 6, 2021.
- [5] B. Krishna, S. Kusumastuti, B. Yunanto, F. Maulana, And H. Tiara, “Robotic Arm 6 Degree Of Freedom (Dof) On Scada-Based Modular Production System (Mps),” Vol. 2022, Pp. 21–27, 2022, Doi: 10.11594/Nstp.2022.2604.
- [6] P. Prasetyawan, Y. Ferdianto, S. Ahdan, And F. Trisnawati, “Pengendali Lengan Robot Dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone,” *J. Tek. Elektro Itp*, Vol. 7, No. 2, Pp. 104–109, 2018, Doi: 10.21063/Jte.2018.3133715.
- [7] A. P. Pangestu, M. Ramdhani, And R. Nugraha, “Perancangan Dan Implementasi Sistem Kendali Lengan Robot Penyortir Barang Berdasarkan Warna (Design And Implementation Of Robotic Arm Object Sorting Controlled Based On Color),” *E-Proceeding Eng.*, Vol. 03, No. 03, Pp. 4074–4081, 2016.
- [8] D. Sawitri, “Revolusi Industri 4.0: Big Data Menjawab Tantangan Revolusi Industri 4.0,” 2019.
- [9] F. Susanto, N. Komang Prasiani, And P. Darmawan, “Implementasi Internet Of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari,” Online, 2022. [Online]. Available: [Https://Jurnal.Std-Bali.Ac.Id/Index.Php/Imagine](https://Jurnal.Std-Bali.Ac.Id/Index.Php/Imagine)
- [10] A. Selay *Et Al.*, “Internet Of Things,” *Karimah Tauhid*, Vol. 1, No. 2963–590x, Pp. 861–862, 2022.
- [11] I. Ubedillah, “Metode Perancangan Sistem Scada Pada Sistem Kelistrikan Untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0,” 2021. [Online]. Available: [Https://Ojs.Uniska-Bjm.Ac.Id/Index.Php/Eeict](https://Ojs.Uniska-Bjm.Ac.Id/Index.Php/Eeict)
- [12] M. Alfa, Z. Fikri, A. Soetedjo, And Y. Limpraptono, “Perancangan Scada Untuk Sistem Otomasi Energi Listrik Dgedung Laboratorium Teknik Elektro Itn Malang,” 2023.
- [13] H. S. Irawan And M. Y. Th, “Modul Praktikum Berbasis Proyek Pemilah Logam Berdasarkan Berat Termonitoring Iot Berbasis Scada,” Vol. 4, No. 1, Pp. 9–17, 2023.
- [14] D. I. Daimul Wafa, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Area Packaging Di Pt Garam (Persero) Berbasis Outseal - Haiwell,” Pp. 697–710, 2017.
- [15] A. Sajid, H. Abbas, And K. Saleem, “Cloud-Assisted Iot-Based Scada Systems Security: A Review Of The State Of The Art And Future Challenges,” *Ieee Access*, Vol. 4, Pp. 1375–1384, 2016, Doi: 10.1109/Access.2016.2549047.