

Perancangan Simulasi Konveyor Pemilah Barang Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Dengan Factory I/O

Ahmad Nur Latief^{1*}, Yudhi Gunardi²

¹Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

²Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta

*ahmdnurlatief@gmail.com

Abstrak—Perkembangan otomasi industri menuntut penerapan sistem pengendalian yang efisien, akurat, dan andal, khususnya pada proses pemindahan dan pemilahan barang. Salah satu sistem yang umum digunakan di industri manufaktur adalah konveyor pemilah otomatis berbasis Programmable Logic Controller (PLC). Namun, penerapan langsung sistem tersebut pada lingkungan industri nyata memerlukan biaya yang besar serta memiliki risiko tinggi apabila terjadi kesalahan dalam perancangan dan pemrograman. Oleh karena itu, diperlukan media simulasi sebagai sarana pengujian dan validasi sistem sebelum diimplementasikan secara fisik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem simulasi konveyor pemilah barang otomatis berbasis PLC yang mampu melakukan pemilahan benda berdasarkan warna dan jenis material. Sistem dikembangkan menggunakan CX-Programmer sebagai perangkat lunak pemrograman PLC, Factory I/O sebagai simulasi konveyor tiga dimensi, serta OPC Server sebagai media komunikasi data secara real-time antara PLC dan simulator. Variabel penelitian meliputi input berupa sensor warna dan sensor proximity induktif, proses berupa logika kontrol PLC, serta output berupa aktuator pemilah (pivot arm) dan hasil klasifikasi benda. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen simulasi dengan 20 benda uji yang terdiri dari variasi warna biru, hijau, material logam, dan benda reject, yang diuji secara berulang pada kondisi kerja yang sama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan memilah seluruh benda uji sesuai karakteristik yang ditentukan tanpa kesalahan pemilahan. Aktuator bekerja sesuai urutan logika kontrol dan merespons sinyal sensor secara tepat waktu. Selain itu, komunikasi antara PLC dan Factory I/O melalui OPC Server berjalan stabil dan sinkron. Berdasarkan hasil tersebut, tingkat akurasi sistem pemilahan mencapai 100%.

Kata Kunci—Factory I/O, Human Machine Interface, Konveyor Pemilah, Programmable Logic Controller, Sistem Otomasi

DOI: 10.22441/jte.2026.v17i2.003

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia industri dewasa ini berlangsung dengan sangat cepat, terutama pada bidang otomasi industri. Otomasi merupakan penerapan teknologi untuk mengatur dan mengendalikan proses produksi secara otomatis dengan intervensi manusia yang minimal [1]. Seiring dengan kemajuan industri modern, sistem otomasi telah menjadi kebutuhan penting untuk mencapai proses produksi yang lebih efisien, akurat, dan berkesinambungan [2]. Salah satu komponen yang berperan besar dalam sistem otomasi tersebut adalah Programmable Logic Controller (PLC).

PLC adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk mengontrol sistem secara otomatis melalui pemrograman logika. Perangkat ini banyak digunakan dalam berbagai proses industri, seperti perakitan, pengemasan, pemrosesan, serta pengelolaan material. Dengan kemampuan untuk memproses instruksi secara cepat dan presisi, PLC menjadikan sistem kontrol di industri lebih sederhana dan mudah dikelola dibandingkan sistem manual. Penggunaan PLC juga mampu mempercepat waktu produksi dan mengurangi risiko kesalahan manusia.

Sejalan dengan berkembangnya otomasi di sektor industri, dunia pendidikan juga perlu menyesuaikan diri agar dapat mencetak sumber daya manusia yang kompeten dan siap menghadapi era Industri 4.0. Salah satu kendala dalam proses pendidikan vokasi adalah ketimpangan antara teori dan praktik. Referensi [3], menyebutkan bahwa rendahnya kompetensi praktis menjadi salah satu penyebab tingginya tingkat pengangguran di kalangan lulusan pendidikan kejuruan. Oleh sebab itu, dibutuhkan media pembelajaran interaktif berbasis sistem kontrol otomatis, seperti trainer kit atau simulasi berbasis PLC, untuk memperkuat kemampuan praktik peserta didik.

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas penggunaan media berbasis PLC. Misalnya, penelitian [4] yang merancang trainer kit lampu lalu lintas berbasis PLC Omron CPM1A, meskipun masih terbatas pada kontrol manual tanpa simulasi digital. Ramadhani dan Almasri mengembangkan sistem trainer pemilah benda (sorting machine) berbasis PLC dengan tingkat kepraktisan tinggi, yaitu sebesar 90,83%. Sementara itu, pada referensi [5] mengenai sistem kontrol level air menggunakan PLC dan HMI telah berhasil meningkatkan realisme proses pembelajaran dengan visualisasi kondisi industri secara langsung [5].

Namun, penerapan sistem otomasi industri di dunia nyata membutuhkan biaya besar, waktu lama, serta risiko kesalahan yang tinggi dalam tahap perancangan. Oleh karena itu, penggunaan simulasi digital menjadi solusi yang efektif untuk menguji rancangan sistem sebelum diterapkan secara nyata. Salah satu perangkat lunak yang umum digunakan adalah Factory I/O, yaitu aplikasi simulasi tiga dimensi yang memungkinkan pengguna untuk membangun dan menguji sistem industri berbasis otomasi secara real-time. Melalui pendekatan drag and drop, Factory I/O dapat digunakan sebagai media pembelajaran maupun penelitian dengan sumber daya perangkat keras yang minimal [6].

Salah satu proses industri yang dapat disimulasikan secara efektif menggunakan PLC dan Factory I/O adalah sistem konveyor pemilah barang. Sistem ini berfungsi untuk

mengidentifikasi dan memisahkan benda berdasarkan warna dan jenis material, yang sangat penting dalam proses produksi dan pengemasan di industri manufaktur. Integrasi antara sensor, konveyor, dan PLC memungkinkan proses pemilahan dilakukan secara otomatis, cepat, dan akurat tanpa campur tangan operator.

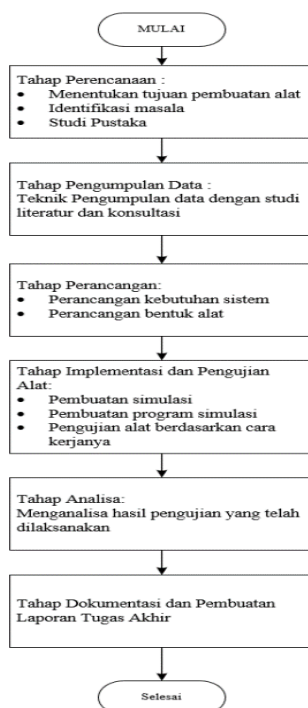
Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian mengenai perancangan simulasi konveyor pemilah barang berdasarkan jenis dan warna benda berbasis PLC. Sistem ini diharapkan mampu menjadi model representatif dari sistem otomasi industri sesungguhnya, sekaligus menjadi media pembelajaran interaktif yang dapat meningkatkan kompetensi peserta didik dalam memahami prinsip kerja sistem kontrol otomatis dan penerapan teknologi otomasi di era Industri 4.0.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini membahas perancangan sistem simulasi konveyor pemilah barang berdasarkan jenis dan warna berbasis PLC dengan Factory I/O. Perancangan dilakukan untuk menggambarkan proses integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan, meliputi desain rangkaian kontrol, konfigurasi PLC, serta pengaturan lingkungan simulasi pada Factory I/O. Tujuan utama perancangan ini adalah untuk menghasilkan sistem otomatis yang mampu mensimulasikan proses pemilahan barang secara efektif dan efisien sebelum diimplementasikan pada kondisi nyata.

A. Tahapan Penelitian

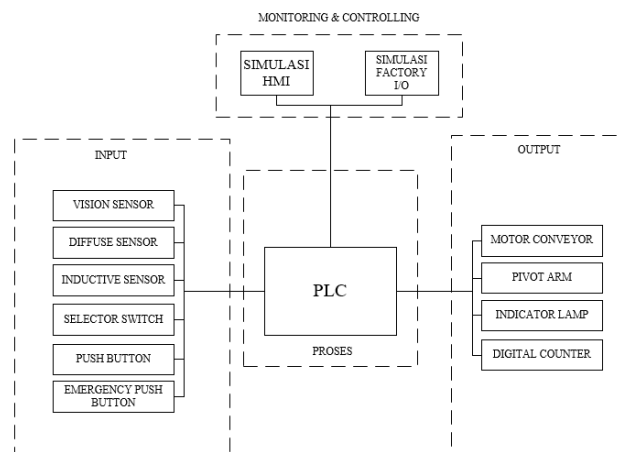
Penelitian ini dilakukan berdasarkan langkah-langkah sebagaimana yang dijelaskan pada diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

B. Blok Diagram

Berikut adalah blok diagram yang digunakan untuk komponen yang digunakan dan proses dalam alat yang dibuat yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram

Berdasarkan pada Gambar 2 dapat dilihat rancangan rangkaian secara blok diagram yang terdiri dari blok masukan (input), blok proses, blok monitoring dan kontrol, serta blok keluaran (output). Berikut penjelasan fungsi dari masing-masing blok diagram:

Blok Masukan (Input)

Dalam bagian ini terdiri dari peralatan yang digunakan sebagai masukan atau pemberi trigger, dimana segala bentuk tindakan pada blok ini akan di proses pada blok proses. Beberapa peralatan pada blok masukan ini terdiri dari saklar dan sensor.

Blok Proses

Dalam bagian ini, data hasil tindakan atau kejadian pada blok masukan diproses dan diolah yang kemudian dibandingkan terhadap program yang telah dibuat untuk menjalankan sistem. Dalam blok proses ini PLC berperan sebagai komponen utama atau otak dari sistem yang ada.

Blok Output

Dalam bagian ini, merupakan hasil dari data inputan yang sudah diproses dan berwujud hasil akhir dari sistem yang telah direncanakan.

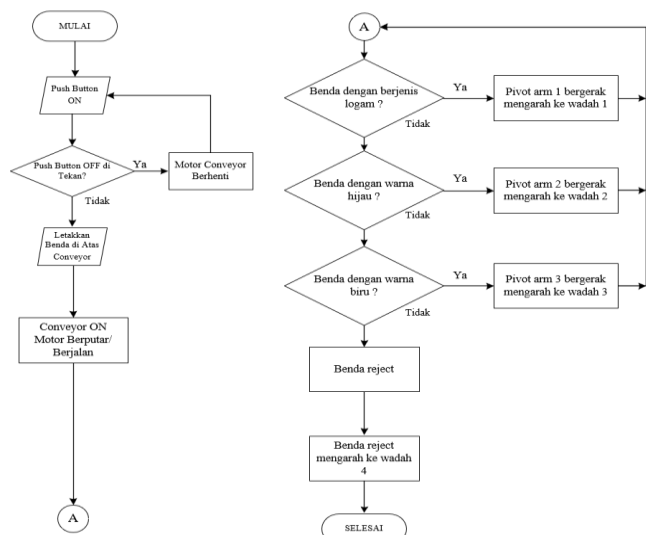
Blok Monitoring dan Kontrol

Dalam bagian ini, berperan sebagai interface dalam memonitoring hasil atau output yang dikeluarkan berdasarkan proses yang sudah dikerjakan. Selain itu, dalam blok ini juga berperan sebagai kontrol input dan output.

C. Diagram Alir

Cara kerja sistem ini berdasarkan flowchart pada gambar 3 di mana PLC terintegrasi dengan HMI pada perangkat lunak CX-Designer untuk mengendalikan proses pemilahan benda berdasarkan jenis dan warna. Sistem dimulai saat push button ON ditekan, mengaktifkan motor konveyor agar bergerak

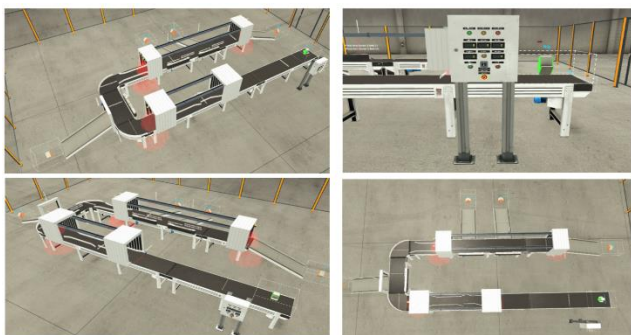
membawa benda. Sensor diffuse mendeteksi keberadaan benda di atas konveyor, kemudian vision sensor mengenali warna benda, sedangkan sensor proximity induktif mendeteksi jenis benda apakah logam atau bukan. Berdasarkan hasil deteksi tersebut, PLC mengatur pivot arm untuk memindahkan benda ke wadah sesuai kategori: logam ke wadah 1, warna hijau ke wadah 2, warna biru ke wadah 3, dan benda yang tidak memenuhi kriteria akan diarahkan ke wadah reject. Seluruh proses ini dapat dimonitor dan dikendalikan secara real time melalui antarmuka HMI dan Simulasi Factory I/O.



Gambar 3. Diagram Alir

D. Perancangan Sistem Simulasi

Perancangan sistem simulasi pada gambar 4 dilakukan menggunakan software Factory I/O. Sistem yang dirancang berupa konveyor pemilah barang secara 3D yang dapat disimulasikan dengan terintegrasi melalui program PLC serta kontrol HMI.



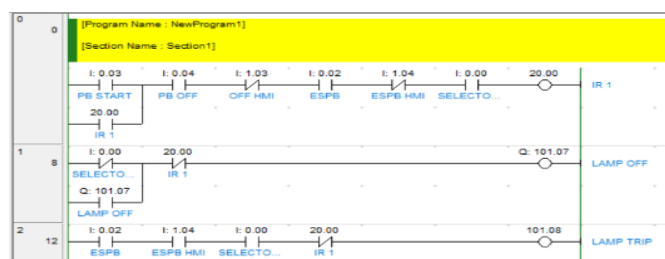
Gambar 4. Perancangan Simulasi Factory I/O

Gambar di atas menunjukkan desain sistem konveyor pada Factory I/O yang digunakan untuk simulasi proses pemilahan benda berdasarkan jenis dan warna. Sistem ini dikendalikan oleh PLC yang terintegrasi dengan HMI pada perangkat lunak CX-Designer, sehingga seluruh proses dapat dikontrol dan dimonitor secara real time. Pada desain tersebut, motor konveyor berfungsi menggerakkan benda di sepanjang jalur

konveyor setelah sistem diaktifkan melalui push button ON. Sepanjang jalur konveyor dipasang beberapa sensor, di antaranya sensor diffuse yang mendeteksi keberadaan benda di atas konveyor, vision sensor yang mengenali warna benda, serta sensor proximity induktif yang mendeteksi apakah benda termasuk logam atau bukan. Berdasarkan hasil pendeteksian tersebut, PLC mengirimkan sinyal kontrol ke aktuatur pivot arm yang akan memindahkan benda ke wadah sesuai kategori — benda logam diarahkan ke wadah 1, benda berwarna hijau ke wadah 2, benda berwarna biru ke wadah 3, sedangkan benda yang tidak memenuhi kriteria akan diarahkan ke wadah reject. Desain ini menggambarkan bagaimana sistem otomatisasi pada Factory I/O bekerja secara terintegrasi untuk menguji dan memvalidasi logika kontrol sebelum diterapkan pada sistem nyata.

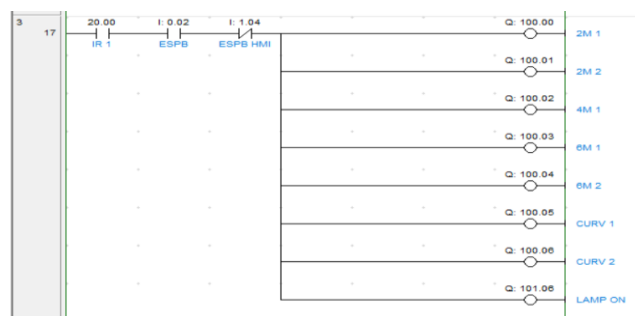
E. Program PLC

Program PLC yang telah dirancang dijelaskan melalui struktur logikanya, alur eksekusi setiap rung, serta cara pengolahan sinyal input-output yang mengendalikan proses otomatis. Penjabaran ini memberikan gambaran teknis mengenai implementasi algoritma kontrol dalam PLC sehingga seluruh operasi sistem dapat berjalan sesuai fungsi dan urutan kerja yang direncanakan. Program diatas pada gambar 5, merupakan bagian utama untuk mengontrol simulasi. Dimana dapat dilihat terdapat beberapa input yang digunakan.



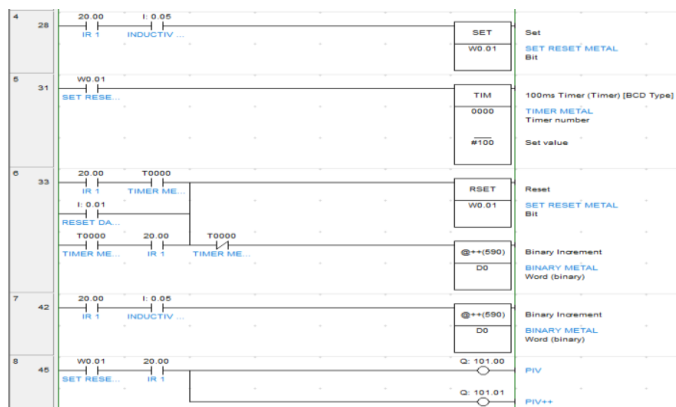
Gambar 5. Program Kontrol Simulasi

Selain itu, dari program tersebut terdapat perbedaan logic antara simulasi Factory I/O dengan tampilan HMI CX-Designer. Pada factory I/O program akan On dengan logic NO (Normally Open) sedangkan pada CX-Designer program akan On dengan logic NC (Normally Close). Pada gambar 6, merupakan program untuk menjalankan konveyor.



Gambar 6. Program Output Konveyor

Dimana Ketika tombol ditekan akan men trigger sinyal masukan untuk system menjalankan semua motor konveyor yang dipakai. Program PLC pada gambar 7 ini mengatur proses pendeteksian objek menggunakan sensor induktif dan timer sebelum memberikan perintah gerak pada pivot arm.



Gambar 7. Program Pendeteksi Sensor

Saat sensor IR1 dan sensor induktif aktif, bit SET RESET METAL diset untuk menandai bahwa objek telah terdeteksi. Setelah itu, timer T0000 mulai menghitung delay tertentu guna memastikan objek benar-benar berada pada posisi baca. Jika timer selesai, bit reset akan menghapus status deteksi sekaligus melakukan binary increment pada register D0 sebagai pencacah jumlah objek metal yang lewat. Logika berikutnya mengaktifkan output PIV (pivot arm) dan PIV++ ketika kondisi deteksi dan status internal terpenuhi, sehingga pivot arm bergerak sesuai jenis objek yang terdeteksi. Alur kerja pendeteksian ini berlaku sama untuk setiap jenis objek lain dalam sistem, mengikuti pola: deteksi sensor → set status → tunda dengan timer → proses klasifikasi/counter → aktifkan aktuator. Program pada gambar 8 tersebut berfungsi untuk mengelola sistem alarm notifikasi yang ditampilkan pada HMI berdasarkan status beberapa kondisi pada proses.



Gambar 8. Program Sistem Alarm

Logika pembanding pada bagian awal memeriksa nilai binary counter (D3) dan mengaktifkan sinyal ALRM REJECT jika nilai berada dalam rentang tertentu, menandakan adanya objek yang dikategorikan sebagai reject. Selanjutnya, rangkaian paralel pada rung berikutnya mengumpulkan berbagai kondisi alarm—meliputi alarm merah, biru, hijau, reject, dan emergency—sehingga ketika salah satu kondisi aktif, output LAMP ALARM menyala sebagai indikator umum. Pada bagian akhir, logika membaca sinyal Emergency Stop (ESPB) baik

melalui input fisik maupun HMI untuk mengaktifkan ALRM EMERGENCY. Catatan: alur pendeteksian dan aktivasi alarm untuk setiap kategori objek mengikuti pola logika yang sama, yaitu pendeteksian kondisi → pemeriksaan status → aktivasi bit alarm → penampilan status di HMI.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

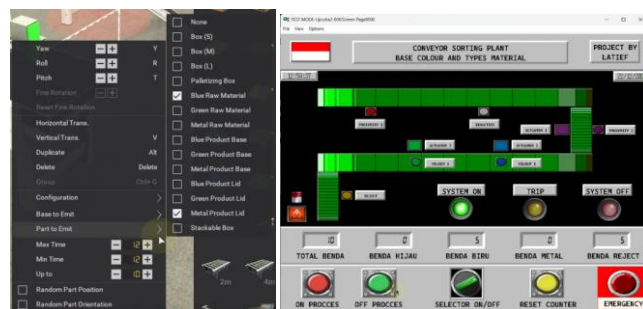
Pengujian difokuskan pada evaluasi fungsionalitas sistem, respons terhadap berbagai skenario operasi, serta kesesuaian performa dengan rancangan yang telah ditetapkan. Analisis ini menjadi dasar untuk menilai efektivitas implementasi logika kontrol, akurasi komunikasi antarperangkat, dan reliabilitas sistem secara keseluruhan. Proses pengujian dilakukan melalui simulasi menggunakan Factory I/O sebagai simulator 3D sistem dan HMI CX-Designer sebagai antarmuka pemantauan serta pengendalian jarak jauh. Pengujian mencakup beberapa skenario, yaitu:

A. Pengujian Dengan Menggunakan Benda Berwarna Biru Dan Benda Reject

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dan logika pemilahan dalam membedakan objek sesuai parameter warna yang telah ditentukan, serta memastikan bahwa sistem mampu mendeteksi dan mengarahkan benda yang tidak memenuhi kriteria ke jalur reject secara konsisten dan akurat. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 9.

Tabel 1. Hasil Pengujian Dengan Benda Biru Dan Reject

No	Benda Uji	Kondisi Sensor					Kondisi Aktuator			Hasil Uji
		Total	Hijau	Biru	Logam	Reject	PIV1	PIV2	PIV3	
1	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
2	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
3	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
4	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
5	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
6	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
7	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
8	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
9	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
10	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai



Gambar 9. Hasil Pengujian Benda Biru Dan Reject

Berdasarkan hasil pengujian sistem simulasi yang ditunjukkan pada table 1 dan gambar 9, dapat dianalisis bahwa sistem telah bekerja sesuai dengan rancangan logika kontrol dan spesifikasi fungsional. Pada seluruh skenario pengujian (10 kali percobaan), sensor total selalu berada pada kondisi hidup yang menandakan keberhasilan deteksi keberadaan benda pada konveyor. Untuk benda uji berwarna biru, hanya sensor biru yang aktif (hidup), sedangkan sensor hijau, logam, dan reject tetap mati. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses identifikasi warna berjalan selektif dan tidak terjadi false detection antar sensor. Sebaliknya, pada benda kategori reject, sensor reject aktif sementara sensor warna dan logam tidak merespons, yang menandakan bahwa sistem klasifikasi telah mampu membedakan benda tidak sesuai spesifikasi secara konsisten.

Dari sisi aktuator, hasil pengujian menunjukkan keterkaitan yang tepat antara status sensor dan aktuator pneumatik (PIV1, PIV2, dan PIV3). Pada benda biru, hanya aktuator PIV3 yang aktif untuk mengarahkan benda ke jalur biru, sementara PIV1 dan PIV2 tetap mati. Untuk benda reject, seluruh aktuator pengarah warna tetap mati, sehingga benda diarahkan ke jalur reject sesuai desain sistem. Tidak ditemukan kondisi di mana aktuator aktif tanpa pemicu sensor yang sesuai, yang mengindikasikan bahwa interlocking logika PLC, pemetaan I/O, serta urutan eksekusi program telah berjalan dengan benar dan stabil.

Dari aspek performa pemilahan, seluruh hasil uji pada kolom Hasil Uji menunjukkan status Sesuai. Artinya, dari total 10 benda uji yang terdiri dari benda biru dan benda reject, 10 benda berhasil dipilah dengan benar tanpa kesalahan klasifikasi maupun kesalahan aktuasi. Dengan demikian, akurasi pemilahan sistem dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Error = (10 - 10) / 10 \times 100\% = 0\% \quad (1)$$

$$Akurasi = 100\% - 0\% = 100\% \quad (2)$$

Secara teknis, hasil ini membuktikan bahwa sistem simulasi memiliki akurasi pemilahan 100%, respon sensor yang konsisten, serta sinkronisasi yang baik antara sensor, PLC, dan aktuator. Sistem telah layak secara fungsional untuk diimplementasikan sebagai model kontrol pemilahan berbasis warna dan jenis benda.

B. Pengujian Dengan Menggunakan Benda Berwarna Hijau Dan Benda Reject

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dan logika pemilahan dalam membedakan objek sesuai parameter warna yang telah ditentukan, serta memastikan bahwa sistem mampu mendeteksi dan mengarahkan benda yang tidak memenuhi kriteria ke jalur reject secara konsisten dan akurat. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 10.

Tabel 2. Hasil Pengujian Dengan Benda Hijau Dan Reject

No	Benda Uji	Kondisi Sensor					Kondisi Aktuator			Hasil Uji
		Total	Hijau	Biru	Logam	Reject	PIV1	PIV2	PIV3	
1	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
2	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
3	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
4	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
5	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai

6	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
7	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
8	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
9	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
10	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai



Gambar 10. Hasil Pengujian Benda Hijau Dan Reject

Berdasarkan hasil pengujian sistem simulasi yang ditunjukkan pada table 2 dan gambar 10, dapat dianalisis bahwa sistem telah bekerja sesuai dengan fungsi dan logika kontrol yang dirancang. Pada seluruh pengujian, sensor total selalu berada pada kondisi hidup, yang menandakan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan setiap benda yang melintas pada konveyor secara konsisten. Untuk benda uji berwarna hijau, sensor hijau aktif (hidup) sementara sensor biru, logam, dan reject berada pada kondisi mati. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme identifikasi warna hijau berjalan selektif dan akurat tanpa adanya gangguan atau kesalahan pembacaan dari sensor lain. Sebaliknya, pada benda kategori reject, hanya sensor reject yang aktif, yang menegaskan bahwa sistem mampu membedakan benda yang tidak memenuhi kriteria warna secara tepat.

Dari sisi aktuator, hasil pengujian memperlihatkan hubungan yang tepat antara kondisi sensor dan aktuator pneumatik. Pada saat benda hijau terdeteksi, aktuator PIV2 aktif untuk mengarahkan benda ke jalur hijau, sementara PIV1 dan PIV3 tetap dalam kondisi mati. Untuk benda reject, seluruh aktuator pemilah warna tidak aktif sehingga benda diarahkan langsung ke jalur reject sesuai dengan desain sistem. Tidak ditemukan kondisi aktivasi aktuator yang tidak sesuai dengan status sensor, yang menunjukkan bahwa pemetaan I/O PLC, interlocking logika, serta urutan kerja program telah terintegrasi dengan baik dan berjalan stabil selama proses simulasi.

Dari aspek performa pemilahan, pengujian dilakukan sebanyak 10 kali, yang terdiri dari 8 benda hijau dan 2 benda reject. Seluruh benda uji berhasil dipilah sesuai dengan kategorinya masing-masing tanpa adanya kesalahan klasifikasi maupun kegagalan aktuasi. Dengan demikian, tingkat akurasi pemilahan sistem dapat dihitung sebagai berikut:

$$Error = (10 - 10) / 10 \times 100\% = 0\% \quad (1)$$

$$Akurasi = 100\% - 0\% = 100\% \quad (2)$$

Nilai akurasi tersebut menunjukkan bahwa sistem simulasi memiliki tingkat keandalan yang sangat baik dan layak secara fungsional untuk dijadikan sebagai dasar pengembangan alat pemilah benda secara nyata pada tahap implementasi selanjutnya.

C. Pengujian Dengan Menggunakan Benda Metal Dan Benda Reject

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dan logika pemilahan dalam membedakan objek sesuai parameter jenis benda yang telah ditentukan, serta memastikan bahwa sistem mampu mendeteksi dan mengarahkan benda yang tidak memenuhi kriteria ke jalur reject secara konsisten dan akurat. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 11.

Tabel 3. Hasil Pengujian Dengan Benda Metal Dan Reject

No	Benda Uji	Kondisi Sensor					Kondisi Aktuator			Hasil Uji
		Total	Hijau	Biru	Logam	Reject	PIV1	PIV2	PIV3	
1	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
2	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
3	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
4	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
5	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
6	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
7	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
8	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
9	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
10	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai



Gambar 11. Hasil Pengujian Benda Metal Dan Reject

Berdasarkan hasil pengujian sistem simulasi pada gambar 3 dan tabel 11 pada cara kerja pemilahan benda logam dan benda reject, dapat dianalisis bahwa sistem telah beroperasi sesuai dengan fungsi dan logika pengendalian yang dirancang. Selama proses pengujian, sensor total selalu berada dalam kondisi aktif yang menunjukkan keberhasilan sistem dalam mendeteksi keberadaan benda pada konveyor. Untuk benda uji kategori logam, sensor logam aktif, sedangkan sensor hijau, sensor biru, dan sensor reject berada pada kondisi tidak aktif, sehingga proses identifikasi material logam berlangsung secara selektif dan akurat. Pada benda kategori reject, hanya sensor reject yang aktif sementara sensor lainnya tetap tidak aktif. Respons aktuator juga menunjukkan kesesuaian dengan kondisi sensor, di mana aktuator PIV1 aktif untuk mengarahkan benda logam ke jalur pemilahan yang sesuai, sedangkan pada benda reject seluruh aktuator pemilah tidak aktif sehingga benda diarahkan ke jalur reject. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemetaan input-output PLC, interlocking logika, serta urutan kerja program telah terintegrasi dengan baik dan berjalan stabil.

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali yang terdiri dari 6 benda logam dan 4 benda reject, dan seluruh benda uji berhasil

dipilah sesuai dengan kategori masing-masing tanpa terjadi kesalahan klasifikasi maupun kegagalan aktuasi. Dengan demikian, sistem dapat dinyatakan bekerja secara andal dan memenuhi kriteria keberhasilan pengujian fungsional dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Error} = (10-10) / 10 \times 100\% = 0\% \quad (1)$$

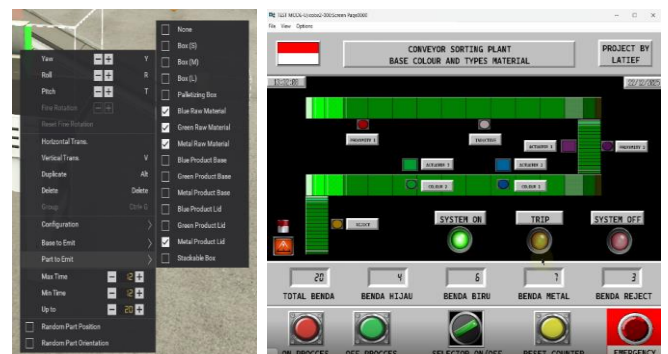
$$\text{Akurasi} = 100\% - 0\% = 100\% \quad (2)$$

D. Pengujian Dengan Menggunakan Variasi Benda

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sensor dan logika pemilahan dalam membedakan seluruh variasi objek berdasarkan parameter warna dan jenis material yang telah ditentukan, serta memastikan bahwa sistem mampu mendeteksi, menghitung, dan mengarahkan setiap benda ke jalur yang sesuai secara konsisten dan akurat. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 12.

Tabel 4. Hasil Pengujian Dengan Variasi Benda

No	Benda Uji	Kondisi Sensor					Kondisi Aktuator			Hasil Uji
		Total	Hijau	Biru	Logam	Reject	PIV1	PIV2	PIV3	
1	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
2	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
3	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
4	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
5	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
6	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
7	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
8	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
9	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
10	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
11	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
12	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
13	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
14	Benda reject	Hidup	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Sesuai
15	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
16	Benda hijau	Hidup	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Mati	Sesuai
17	Benda biru	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Mati	Mati	Hidup	Sesuai
18	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
19	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai
20	Benda metal	Hidup	Mati	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Mati	Sesuai



Gambar 12. Hasil Pengujian Variasi Benda

Berdasarkan hasil pengujian simulasi sistem konveyor pemilah barang berdasarkan warna dan jenis material pada gambar 4 dan tabel 12, didapati bahwa sistem bekerja sesuai dengan rancangan dan logika kontrol yang telah dibuat. Selama pengujian, sistem memproses total 20 benda yang terdiri dari berbagai variasi warna dan jenis material. Setiap benda yang melewati area sensor berhasil dideteksi dengan benar oleh sensor warna dan sensor logam, kemudian diproses oleh sistem kontrol untuk menentukan jalur pemilahan yang sesuai. Aktuator pemilah merespons tepat waktu dan selaras dengan pergerakan konveyor, sehingga seluruh benda dapat diarahkan ke jalur hijau, biru, metal, maupun jalur reject sesuai dengan karakteristiknya tanpa terjadi kesalahan pemilahan.

Secara teknis, keberhasilan sistem ini didukung oleh komunikasi yang stabil antara CX-Programmer dan Factory I/O melalui OPC Server. OPC Server berfungsi sebagai penghubung data real-time antara alamat memori PLC dan tag input/output pada Factory I/O. Setiap perubahan status input, seperti sensor warna, sensor material, serta tombol kontrol, dapat dibaca langsung oleh PLC dan diproses sesuai logika program. Sebaliknya, output PLC berupa sinyal aktuator dan indikator sistem dapat divisualisasikan secara langsung pada Factory I/O tanpa delay yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pemetaan alamat OPC dan sinkronisasi data telah berjalan dengan baik, sehingga simulasi mampu merepresentasikan kondisi kerja sistem konveyor secara realistis.

Dari hasil pengujian tersebut, seluruh benda yang diproses berhasil dipilah dengan benar, sehingga tingkat akurasi sistem mencapai nilai maksimal. Perhitungan akurasi sistem adalah sebagai berikut:

$$\text{Error} = (10 - 10) / 10 \times 100\% = 0\% \quad (1)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0\% = 100\% \quad (2)$$

Hasil ini mengindikasikan bahwa akurasi sistem simulasi konveyor pemilah barang berhasil sepenuhnya dan telah memenuhi prinsip kerja yang dirancang. Dengan performa pemilahan yang akurat sebesar 100% serta komunikasi OPC yang stabil, sistem ini layak dan siap untuk diimplementasikan pada alat konveyor pemilah barang yang sebenarnya, dengan penyesuaian pada aspek mekanik dan kalibrasi sensor di lingkungan nyata.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem simulasi konveyor pemilah barang berbasis Programmable Logic Controller (PLC) yang diintegrasikan dengan Factory I/O, CX-Programmer, OPC Server, dan HMI CX-Designer telah menunjukkan kinerja yang optimal dan andal, ditandai dengan keberhasilan memproses 20 benda uji dengan tingkat akurasi pemilahan mencapai 100% tanpa

kesalahan klasifikasi maupun kegagalan aktuasi. Stabilitas komunikasi data secara real-time antara PLC dan lingkungan simulasi melalui OPC Server memastikan sinkronisasi input-output berjalan presisi, sehingga respon sistem terhadap sensor warna dan material dapat dieksekusi sesuai logika kontrol yang dirancang. Secara keseluruhan, sistem telah memenuhi prinsip kerja konveyor pemilah otomatis baik dari aspek kontrol, komunikasi, maupun visualisasi, sehingga dinyatakan layak untuk diimplementasikan pada sistem nyata dengan mempertimbangkan penyesuaian pada komponen mekanik, karakteristik aktuator, serta kalibrasi sensor guna menjaga konsistensi performa di kondisi operasional sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Setiawan and D. Prabowo, "Rancang Bangun Mekanisme Pergerakan Conveyor Pada Mesin Sortir Sampah Kaleng Dan Botol Plastik," *Bangun Rekaprima*, vol. 06, no. 2, pp. 1–13, 2020.
- [2] I. K. Anaam, T. Hidayat, R. Yuga Pranata, H. Abdillah, and A. Yhuto Wibisono Putra, "Pengaruh trend otomasi dalam dunia manufaktur dan industri," *Vocat. Educ. Natl. Semin.*, vol. 1, no. 1, pp. 46–50, 2022.
- [3] Chalid, "Tingkat Kompetensi Mahasiswa Fresh Graduate dalam Menghadapi Persaingan Dunia Kerja," *Indones. J. Teach. Teach. Educ.*, vol. 1, pp. 10–13, 2021, [Online]. Available: <http://journal.pencerah.org/index.php/ijtte>
- [4] P. Gunoto and J. Pribadi, "Perancangan Trainer Kit Traffic Light Type Omron Sysmac Cpm1a Di Laboratorium Teknik Elektro," *Sigma Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 17–30, 2021, doi: 10.33373/sigmateknika.v4i1.3220.
- [5] F. Ade Korsa *et al.*, "Rancang Bangun Trainer Kit Plc Sebagai Sistem Kontrol Water Tank Level," *J. ALMIKANIK*, vol. 5, no. 3, pp. 98–102, 2023.
- [6] H. Setiana and N. Nuraqil, "Otomasi Sortir Warna dan Berat Berbasis PLC Dengan Pencitraan Factory I / O PLC-Based Color and Weight Sorting Automation With Factory I / O Imaging," *J. Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 7, pp. 27–36, 2025.