

Sistem Pemilahan Barang Berdasarkan Deteksi Label Menggunakan *Vision Sensor*

Carolus Henry¹, Melisa Mulyadi², Theresia Ghozali³, Linda Wijayanti⁴, Kumala Indriati⁵

^{1,3,5} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, Indonesia

^{2,4} Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, Indonesia

Article Info	Abstract
<p><i>Article history:</i></p> <p>Received 27-03-2024</p> <p>Accepted 21-04-2024</p> <p><i>Keywords:</i> labels, pneumatics, programmable logic controllers, robot arms, stock keeping units, vision sensors,</p>	<p><i>Sorting goods based on the results of checking packaging labels is an important process in controlling production quality in industry. Many industries still carry out manual sorting and label checking processes, which results in low productivity levels and is susceptible to human error. This research develops an automation system for sorting goods based on label inspection using vision sensors, programmable logic controller (PLC), and robot arm. The system controlled by a PLC will read and detect damage to packaging labels by using VeriSens vision sensor and sort them using a robot arm according to predetermined stock keeping unit (SKU) categories, namely SKU 1, SKU 2, SKU 3, SKU 4, and rejected goods. The pneumatic system is used as an actuator to push goods onto the conveyor, moving the robot arm with three degrees of freedom and vacuum. Detection is carried out by applying the edge detection concept to read text, images and code that are reprocessed with the VeriSens Application Suite software. The success rate of the goods sorting system reached 90% with a reading speed of 0.389 seconds and a work process duration ranging from 21.54 seconds to 28.99 seconds.</i></p>
Info Artikel	Abstrak
<p><i>Histori Artikel:</i></p> <p>Diterima: 27-03-2024</p> <p>Disetujui: 21-04-2024</p> <p><i>Kata Kunci:</i> label, lengan robot, pneumatik, programmable logic controllers, stock keeping unit, vision sensor</p>	<p><i>Pemilahan barang berdasarkan hasil pemeriksaan label kemasan merupakan proses penting dalam melakukan pengendalian kualitas produksi di industri. Banyak industri masih melakukan proses pemilahan dan pemeriksaan label secara manual, yang mengakibatkan tingkat produktivitas rendah dan rentan terhadap kesalahan manusia. Penelitian ini mengembangkan sistem otomasi untuk pemilahan barang berdasarkan pemeriksaan label menggunakan vision sensor, programmable logic controller (PLC), dan lengan robot. Sistem yang dikendalikan oleh PLC akan membaca dan mendeteksi kerusakan pada label kemasan dengan bantuan vision sensor VeriSens dan memilahnya menggunakan lengan robot sesuai dengan kategori stock keeping unit (SKU) yang telah ditentukan, yaitu SKU 1, SKU 2, SKU 3, SKU 4, dan barang reject. Sistem pneumatik digunakan sebagai aktuator dalam mendorong barang ke konveyor, menggerakkan lengan robot dengan tiga derajat kebebasan serta vakum. Deteksi dilakukan dengan menerapkan konsep deteksi tepi untuk membaca teks, gambar, dan kode yang diolah kembali dengan software VeriSens Application Suite. Tingkat keberhasilan sistem pemilahan barang mencapai 90% dengan kecepatan baca sebesar 0,389 detik dan durasi proses kerja berkisar antara 21,54 detik hingga 28,99 detik.</i></p>

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi dan industri yang semakin pesat, pemakaian sistem otomasi menjadi semakin populer karena dinilai memiliki banyak kelebihan. Otomasi memungkinkan perusahaan untuk tetap kompetitif dalam menghadapi kenaikan biaya operasional dan perubahan kebutuhan ekonomi [1]. Dengan otomasi, akan terjadi pengurangan kontak fisik antar manusia dalam

* Corresponding author: Melisa Mulyadi
Email address: melisa.mulyadi@atmajaya.ac.id

suatu rangkaian produksi sehingga mengurangi faktor *human error* dan meningkatkan produktivitas yang berdampak pada penurunan biaya produksi.

Pada industri manufaktur, sistem pemilahan berdasarkan hasil pemeriksaan label merupakan hal yang sering dijumpai. Label pada kemasan barang produksi memiliki tujuan untuk memberikan informasi dan identitas pada barang tersebut [2]. Banyaknya informasi dan identitas yang perlu disematkan pada suatu barang membuat hal tersebut harus diubah menjadi bentuk kode agar label bisa tetap berukuran kecil. Selain itu, pentingnya informasi yang terkandung juga membuat perlunya pemeriksaan terhadap kualitas cetak dari label tersebut.

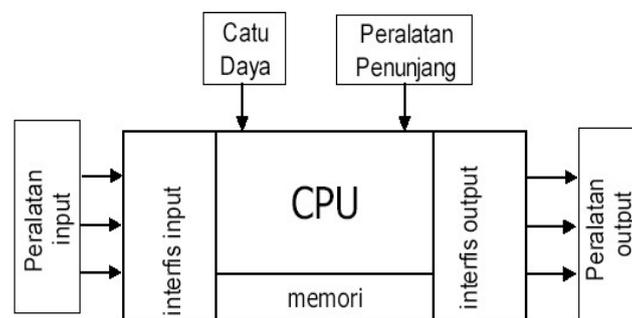
Pemilahan dan pemeriksaan secara manual masih berpeluang memiliki resiko kesalahan dan pembacaan terhadap kode tidak bisa dilakukan secara langsung oleh mata manusia. Di era otomasi ini, kedua hal tersebut bisa dilakukan menggunakan *vision sensor* sehingga label dapat diperiksa serta dibaca dengan cepat dan tepat. Informasi pada label dapat digunakan oleh sistem untuk memilah jenis barang sesuai dengan masing-masing kategori. Proses pemilahan barang dapat dilakukan menggunakan konveyor ataupun lengan robot agar jangkauan tempat bisa beragam walaupun tempat terbatas. Koordinasi antara sensor dengan elemen-elemen lainnya membutuhkan pengendali dan pengendali yang umum digunakan di industri yaitu *programmable logic controller* (PLC)

Pada penelitian ini dibuat sistem pemilahan barang menggunakan lengan robot yang mensimulasikan sistem otomasi proses pemilahan barang berdasarkan hasil pemeriksaan label menggunakan *vision sensor*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Programmable Logic Controllers

Programmable logic controllers (PLC) merupakan kontroler berbasis mikroprosesor dengan memori yang dapat diprogram untuk berbagai fungsi seperti perhitungan, sekuensial, logika, aritmatika, dan masih banyak lagi [3]. PLC bekerja dengan cara memproses input yang masuk lalu mengeluarkan output untuk disalurkan ke aktuator. Komponen dasar penyusun PLC terdiri dari *central processing unit* (CPU), catu daya, input, output, memori, dan antarmuka komunikasi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Penyusun sistem PLC.

2.2 Ladder Diagram

Ladder diagram atau diagram tangga adalah bahasa pemrograman yang biasa digunakan pada sistem kontrol dalam manufaktur atau industri. Terdapat berbagai komponen pada bahasa *ladder diagram*, seperti *rung*, input, output, dan *bus bar*. *Bus bar* merupakan garis vertikal yang menandakan tegangan dari catu daya. *Rung* merupakan garis horisontal yang menghubungkan antara input dengan output. Input merupakan input untuk program yang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *normally open* dan *normally close*. Output merupakan output dari sebuah program.

2.3 Katup Solenoid

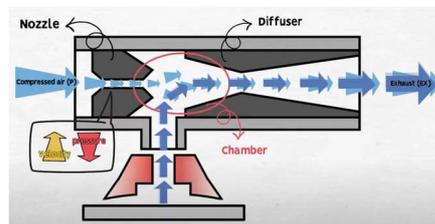
Katup solenoid merupakan salah satu komponen utama pada sistem pneumatik yang digunakan untuk mengatur arah laju dari udara pada sistem. Katup solenoid bekerja dengan cara menggerakkan katup internal yang dikendalikan oleh kumparan/solenoid yang dialiri arus listrik.[4] Piston yang mampu bergerak karena adanya medan magnet pada kumparan akan menutup atau membuka lubang pada katup solenoid agar bisa mengarahkan atau menghentikan laju udara. Berdasarkan cara kerjanya, katup solenoid dapat dibedakan menjadi katup solenoid kerja tunggal dan kerja ganda.

2.4 Silinder Pneumatik

Silinder pneumatik merupakan salah satu jenis aktuator pada sistem pneumatik, yaitu aktuator linear [4]. Silinder pneumatik terdiri atas bagian-bagian seperti rumah silinder, lubang input, piston, batang piston, dan pegas. Silinder pneumatik bekerja dengan menggunakan udara bertekanan untuk menggerakkan piston secara maju dan mundur didalam rumah silinder. Dapat dikatakan bahwa silinder pneumatik merupakan komponen yang dapat mengubah tekanan udara menjadi energi kinetik.

2.5 Efek Venturi

Efek Venturi merupakan efek yang menjelaskan tentang adanya penurunan tekanan fluida saat fluida tersebut bergerak melalui pipa yang menyempit. Efek venturi memakai prinsip kerja antara tekanan dan kecepatan fluida terhadap luas penampang. Saat luas penampang besar, maka kecepatan fluida lebih lambat sehingga tekanan lebih besar. Saat fluida mengalir ke luas penampang yang lebih kecil, maka kecepatan fluida semakin tinggi sehingga tekanan menjadi semakin kecil. Tekanan fluida yang menurun akan menyebabkan udara dapat terhisap masuk ke dalam penampang. Prinsip ini yang digunakan pada *vacuum generator* dengan memanfaatkan udara bertekanan untuk menghisap barang. Aplikasi efek Venturi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Efek Venturi pada *vacuum generator*

2.6 Sensor Proximity Kapasitif

Sensor proximity kapasitif merupakan merupakan salah satu jenis sensor yang berfungsi untuk mendeteksi barang atau objek berbahan logam ataupun non-logam tanpa kontak langsung. Sebuah sensor proximity kapasitif tersusun atas empat komponen utama, yaitu probe kapasitif sebagai pemancar, osilator untuk membangkitkan sinyal, detektor untuk mendeteksi perubahan sinyal pada osilator, dan potensio untuk mengatur sensitivitas sensor. Sensor bekerja dengan cara memancarkan medan listrik dan saat benda mendekat maka frekuensi sinyal osilator akan meningkat sehingga V_{out} sensor akan mengeluarkan tegangan, kondisi sebaliknya berlaku saat benda menjauh [5].

2.7 Baumer VeriSens XF Series

Baumer VeriSens merupakan sensor vision Baumer yang dikhususkan untuk melakukan *quality control* berbasis citra. VeriSens menawarkan sistem pengolahan citra berbasis sensor yang dapat diintegrasikan dengan *software* untuk konfigurasinya. Dalam pengaplikasian, Baumer Verisens XF Series bisa digunakan untuk berbagai tugas seperti identifikasi, lokasi bagian, geometri, dan perbandingan [6]. Dalam pembacaan citra, terdapat empat proses utama yang berjalan pada sensor VeriSens, yaitu akuisisi citra, pra-pemrosesan, evaluasi, dan data output. Spesifikasi Baumer VeriSens dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Baumer verisens

Kategori	Keterangan
Tegangan Suplai	18-30 V DC
Input Digital	5
Output Digital	5
Kanal Komunikasi	Ethernet
Resolusi	752 x Tabel 2 Spesifikasi Baumer VeriSens 480 px
Tipe Sensor	1/3" CMOS, Monokrom
Illuminasi	LED Putih
Lensa	10 mm

2.8 VeriSens Application Suite

VeriSens Application Suite merupakan *software* Baumer yang digunakan untuk melakukan konfigurasi awal, pengadaaan tugas, konfigurasi, servis, pengawasan, dan perawatan pada sensor VeriSens. Melalui *software* ini, sensor dapat dikonfigurasi untuk melakukan berbagai tugas atau pekerjaan, seperti mengetahui lokasi suatu komponen/atribut pada citra, melakukan pengukuran terhadap suatu objek, melakukan perbandingan, dan identifikasi kode batang, kode matriks, dan teks [6]. Secara umum, terdapat empat tahapan dalam melakukan konfigurasi kamera melalui VeriSens Application Suite, yaitu penyesuaian citra, pemeriksaan fitur, konfigurasi antarmuka, dan aktivasi.

2.9 Kode Data Matrix

Kode *Data Matrix* merupakan salah satu jenis dari kode 2D yang diciptakan oleh International Data Matrix, Inc. pada tahun 1994 dengan mengkodekan data dalam bentuk sel hitam putih atau kontras gelap terang pada suatu kotak [7]. Kode *Data Matrix* merupakan kode berjenis omdidireksional yang berarti dapat dibaca dalam segala posisi. Penggunaan data matrix distandarisasi dengan ISO/IEC 16022.

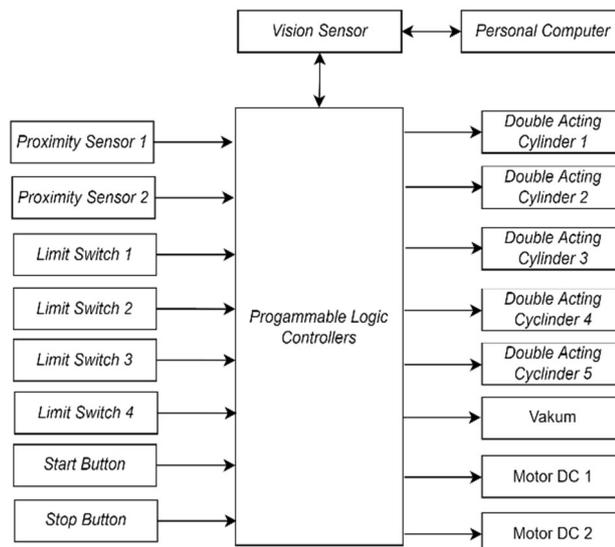
3. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang diawali dengan studi literasi untuk menginventarisir konsep/teori yang relevan seperti standard yang berlaku, buku pedoman, dan artikel sejenis. Tahap kedua adalah membuat rancangan perangkat keras antara lain: rangkaian sensor, rangkaian pengendali, rangkaian motor dan rangkaian lengan dengan penggerak pneumatik. Perancangan dilanjutkan dengan membuat perangkat lunak yang memprogram kontroler (PLC) dan vision sensor kemudian diintegrasikan ke perangkat keras. Setelah semua sistem terpasang maka dilakukan pengujian untuk melihat unjuk kerja dari sistem yang dibuat melalui pengujian. Tahapan penelitian diakhiri dengan menganalisis hasil yang sudah didapatkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Perangkat Keras

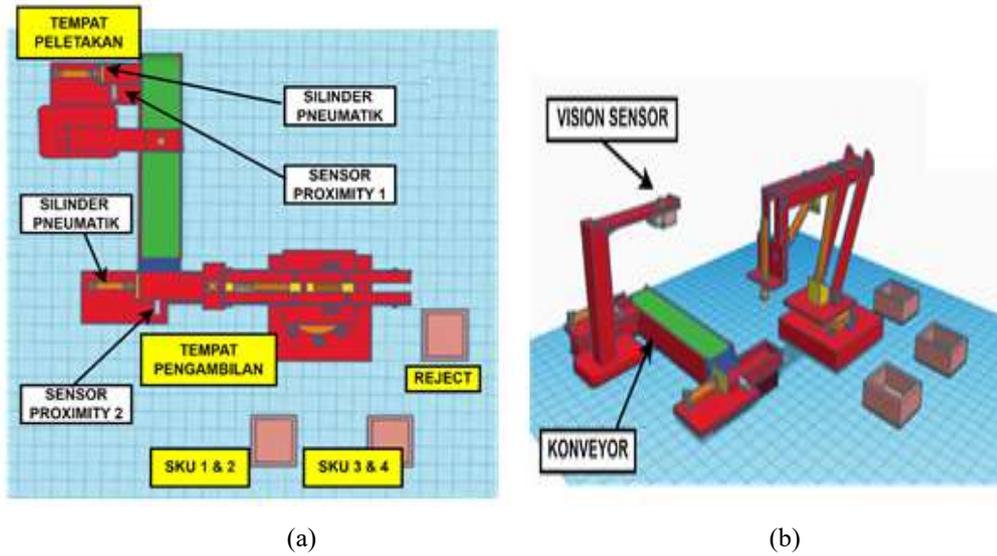
Sistem yang dibuat terdiri dari *vision sensor*, sensor proximity, limit switch, konveyor, motor DC, dan sistem pneumatik yang dikendalikan menggunakan PLC seperti diagram blok pada Gambar 3 dengan tujuan untuk melakukan pemilahan barang berdasarkan pemeriksaan kualitas dan isi label pada kemasan. Rancangan sistem ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 3 Diagram blok sistem

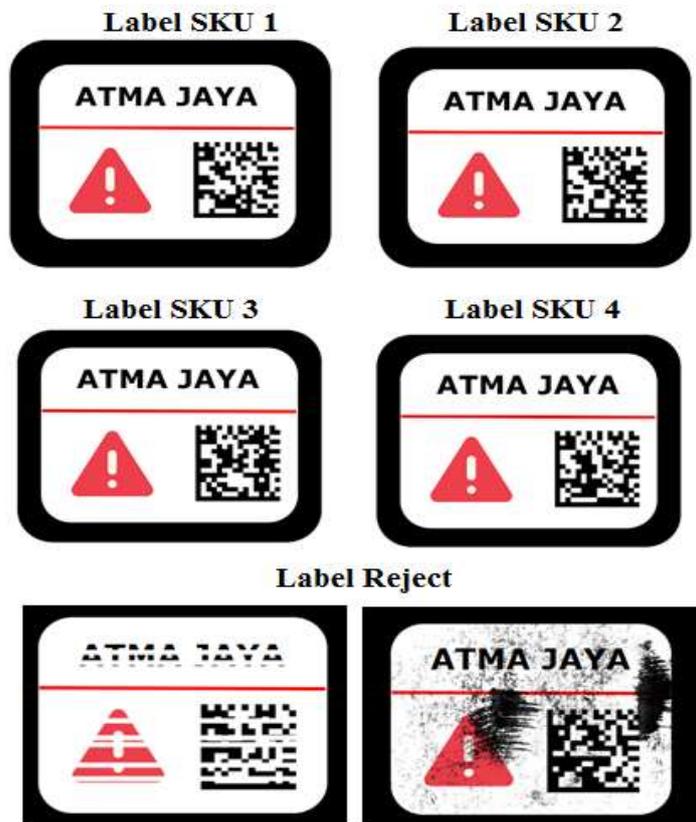
Vision sensor, sensor proximity, dan *limit switch* merupakan komponen yang menjadi input bagi PLC. *Vision sensor* digunakan untuk membaca jenis SKU yang ditulis dalam bentuk kode data matrix, kondisi logo dan teks pada label. Sensor Proximity digunakan untuk mendeteksi adanya barang di tempat peletakan dan pengambilan. Limit switch digunakan untuk memberikan tanda pada tempat akhir.

Sistem pneumatik dan motor DC merupakan aktuator atau output dari PLC. Sistem pneumatik yang terdiri dari silinder pneumatik, vakum, dan katup solenoid yang digunakan untuk penggerak dan pemilah barang. Motor DC digunakan untuk menjalankan konveyor dan menggerakkan lengan robot pneumatik.



Gambar 4 (a) Tampak atas sistem; (b) Tampak samping sistem

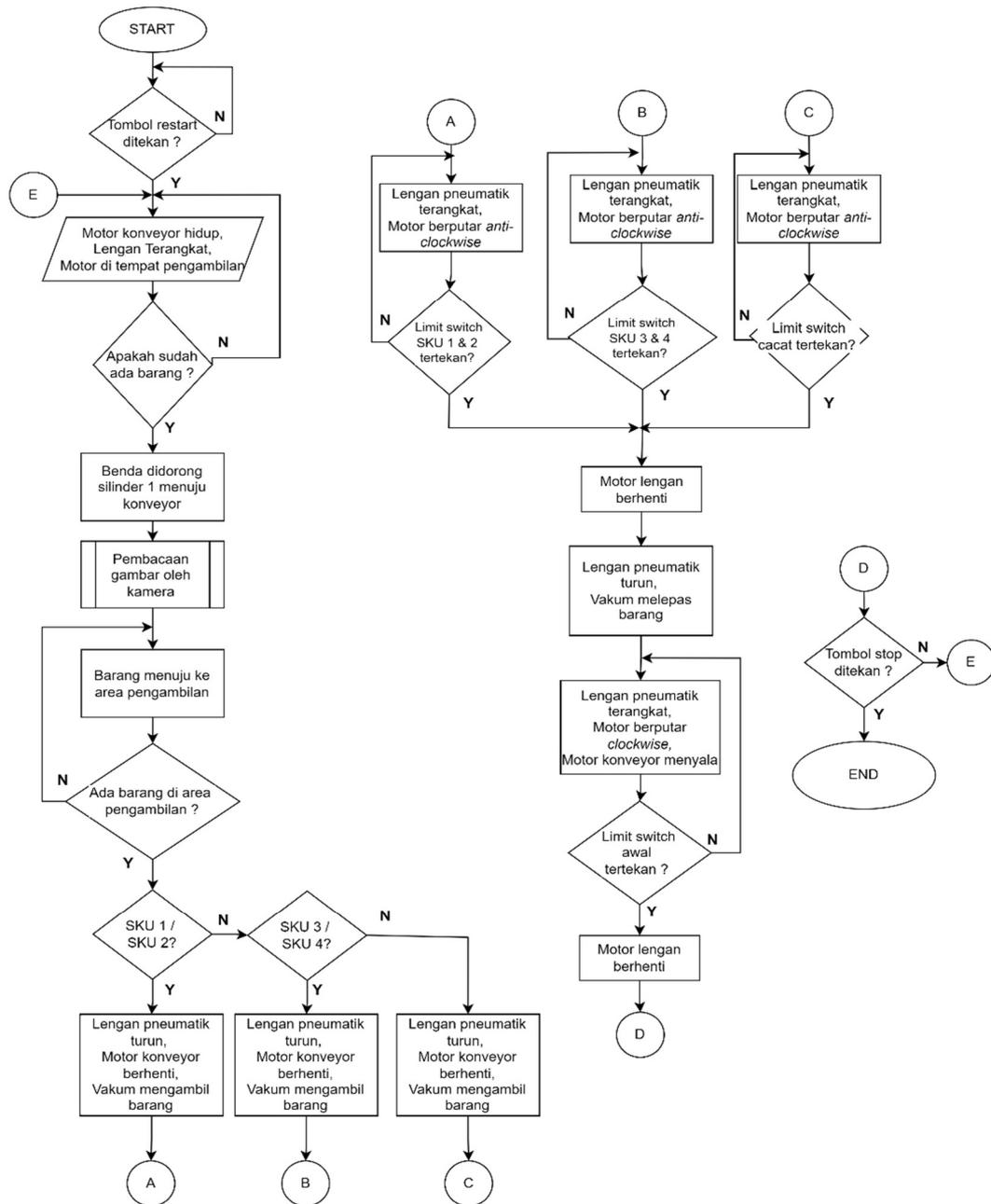
Sistem memilah barang berdasarkan kondisi logo, teks dengan tulisan Atma Jaya dan kategori *stock keeping unit* (SKU) yaitu label SKU 1, SKU 2, SKU 3, SKU 4.. Bila kondisi logo atau teks atau SKU tidak jelas maka dikategorikan sebagai *reject*. Gambar 5 memperlihatkan contoh label SKU1 sampai SKU 4 yang baik dan label yang *reject*.



Gambar 5 Contoh label

4.2 Perancangan Perangkat Lunak

Sebagai kontroler digunakan PLC Omron CPH dengan bahasa pemrograman diagram tangga. Proses kerja sistem ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 6. Sistem pemilahan dimulai dengan mengaktifkan tombol start dan menekan tombol reset untuk melakukan inisiasi awal sistem. Apabila sudah terdeteksi barang pada tempat peletakkan, maka silinder pendorong 1 akan mendorong barang menuju konveyor. Barang akan melalui pembacaan dan pemeriksaan oleh *vision sensor* yang memberikan output sesuai dengan hasil pemeriksaan ke PLC. Setelah barang terdeteksi oleh sensor proximity 2, maka silinder pendorong 2 akan mendorong barang ke tempat pengambilan. Lengan robot akan turun dan vakum menghisap barang. Setelah barang diambil maka motor DC memutar lengan robot secara *anti-clockwise* sampai *limit switch* dari tempat kategori barang hasil pemeriksaan *vision sensor* tertekan. Lengan robot turun dan vakum non aktif untuk meletakkan barang di tempat yang sesuai. Setelah barang diletakkan, maka motor DC akan memutar lengan robot secara *clockwise* sampai *limit switch* tempat awal tertekan.



Gambar 6. Diagram alir sistem pemilahan barang

Pemrograman VeriSens dilakukan dengan menggunakan *software* VeriSens Application Suite. Tahap-tahap pemrograman yang dilakukan antara lain:

1. Pengambilan gambar. Pada tahap ini dilakukan pengaturan seperti pengaturan waktu pencahayaan, sensitivitas deteksi tepi, dan frekuensi pengambilan gambar.
2. Konfigurasi fitur, melakukan pengaturan terhadap fitur-fitur pembacaan vision sensor yang digunakan untuk melakukan pemeriksaan dan pembacaan label pada gambar, yaitu identifikasi lokasi label, pembacaan data matriks SKU, pembacaan teks label, dan perbandingan kontur logo.
3. Konfigurasi output. Pada tahap ini dilakukan pengaturan hasil output VeriSens ke PLC dari fitur-fitur yang sudah dikonfigurasi sebelumnya. Terdapat tiga output, yaitu:
 - 3.1 output 1 akan mengeluarkan sinyal berlogika 1 bila kondisi logo sesuai dengan referensi, kode matriks berisikan nomor SKU 1 atau 2, serta teks pada label jelas dan benar.
 - 3.2 output 2 akan mengeluarkan sinyal berlogika 1 bila kondisi logo sesuai dengan referensi, kode matriks berisikan nomor SKU 3 atau 4, serta teks pada label jelas dan benar.
 - 3.3 output 3 akan mengeluarkan sinyal berlogika 1 bila dapat mendeteksi adanya label, namun kondisi logo tidak sesuai dengan referensi atau teks pada label tidak jelas/benar atau tidak dapat membaca data matriks dari SKU.
4. Aktivasi. Jika konfigurasi pada VeriSens sudah selesai dilakukan, maka kamera harus diaktifkan dengan cara menekan tombol “*Activate device*” dan mengunggah program ke *vision sensor*.

4.3 Pengujian Kamera VeriSens

Pengujian Kamera VeriSens dilakukan untuk memeriksa kemampuan VeriSens dalam mengidentifikasi kategori label dan memberikan masukan yang benar ke PLC. Saat label barang SKU 1 & 2 dengan kondisi baik terbaca oleh VeriSens, maka output 1 VeriSens memberikan sinyal berlogika 1 ke masukan digital I0.01. Saat label barang SKU 3 & 4 dengan kondisi baik terbaca oleh VeriSens, maka output 2 VeriSens memberikan sinyal berlogika 1 ke masukan digital I0.02. Saat tidak ada label baik/*reject* yang terbaca oleh VeriSens, maka output 3 VeriSens memberikan sinyal berlogika 1 ke masukan digital I0.03. Hasil pengujian vision sensor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian label SKU dan *reject*

Pembacaan	Pengujian ke-	I0.01	I0.02	I0.03
SKU 1	1	1	0	0
	2	1	0	0
	3	1	0	0
SKU 2	1	1	0	0
	2	1	0	0
	3	1	0	0
SKU 3	1	0	1	0
	2	0	1	0
	3	0	1	0
SKU 4	1	0	1	0
	2	0	1	0
	3	0	1	0
<i>Reject</i>	1	0	0	1
	2	0	0	1
	3	0	0	1

4.4 Pengujian Motor DC

Pengujian motor DC dilakukan untuk menganalisis besar tegangan optimal yang dapat diberikan agar motor dapat berhenti di tempat yang seharusnya serta memeriksa arah gerak motor berdasarkan output digital yang diberikan dari PLC. Pengujian untuk besar tegangan optimal dilakukan dengan memberikan tegangan masukan sebesar 5V dan 9V. Hasil pengujian dikatakan “sesuai” apabila motor berhenti tidak lebih dari 2 cm dan dikatakan “tidak sesuai” apabila motor berhenti lebih dari 2 cm dari tempat seharusnya.

Dari hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4, diketahui bahwa sistem dapat bekerja dengan lebih baik bila menggunakan motor DC bertegangan 5V. Motor bertegangan 9V menghasilkan gerakan momentum yang terlalu besar sehingga tidak berhenti tepat waktu saat *limit switch* barang *reject* tertekan.

Tabel 3 Pengujian motor tegangan 5V

Tempat	Persentase Kesesuaian
Awal	100%
1	100%
2	100%
<i>Reject</i>	100%

Tabel 4 Pengujian motor tegangan 9V

Tempat	Persentase Kesesuaian
Awal	100%
1	100%
2	100%
<i>Reject</i>	60%

4.5 Pengujian Keseluruhan Sistem Pemilah Barang

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan untuk memastikan setiap komponen dan modul terintegrasi dengan baik. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing jenis label. Hasil untuk pengujian keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5. Dari hasil pengujian, didapati bahwa pembacaan label pada sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 100% dengan rata-rata durasi kerja sistem sebesar 21.54 detik (SKU 1 dan SKU 2), 25.69 detik (SKU 3 dan SKU 4), dan 28.99 detik (*Reject*). Namun masih terjadi kegagalan sesekali pada proses pemindahan barang saat frekuensi pengujian sudah cukup banyak. Hal ini karena tekanan pneumatik yang berkurang seiring berjalannya pengujian dan kompresor tidak dapat mengisi udara bertekanan dengan cukup cepat.

Tabel 5 Pengujian sistem keseluruhan

Kategori Label	Keberhasilan Pembacaan	Keberhasilan Pemindahan	Rata-Rata Waktu Pemindahan
SKU 1 dan SKU 2	100%	90%	21.54 detik
SKU 3 dan SKU 4	100%	90%	25.69 detik
<i>Reject</i>	100%	90%	28.99 detik

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dapat disimpulkan bahwa *vision sensor* dapat digunakan untuk melakukan pembacaan SKU dalam bentuk data matriks dan pemeriksaan kualitas label menggunakan metode deteksi tepi. Lengan robot yang gerakannya dikendalikan oleh PLC dapat digunakan untuk melakukan pemilahan barang lebih cepat dengan jangkauan yang lebih beragam. Sistem keseluruhan dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan sebesar 90% dengan durasi tercepat 21.54 detik sampai terlama 28.99 detik.

REFERENSI

- [1] M, Mamduh. (2021, Okt.27) Mempersiapkan Indonesia untuk Era Otomasi, [online]. Tersedia: <https://www.medcom.id/teknologi/news-teknologi/VNx7EwaK-mempersiapkan-indonesia-untuk-era-otomasi>.
- [2] Nakul, F., et. al., “Sistem Inspeksi Label Produk Menggunakan Metode Golden Template Comparison dan Konveyor Pemilah”, *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 20-25, 2021.
- [3] Petruzella, F.D., *Programmable Logic Controllers*, Sixth Edition, New York: Mc. Graw Hill, 2022.

- [4] Salam, M.A., *Fundamentals of Pneumatic and Hydraulics*. Singapore, Springer Verlag, 2023.
- [5] A. Rasyid.. (2021, Nov.4) *Pengertian Sensor Proximity Kapasitif* [online]. Tersedia: <https://www.samrasyid.com/2020/12/pengertian-sensor-proximity-kapasitif.html>.
- [6] Tanpa nama. 2020. *Technical Documentation VeriSens*. Raderberg : Baumer Optronic GmbH.
- [7] Karrach, L., Pivarčiová, E. “Recognition of data matrix codes in images and their applications in Production Processes”, *Management Systems in Production Engineering*. vol 28, no. 3, pp. 154–161, 2020.