

PENGENDALIAN PADA PROTOTYPE KONVEYOR PEMISAH TOMAT BERDASARKAN WARNA DAN UKURAN MENGGUNAKAN SENSOR DT-SENSE COLOR DAN PHOTODIODA LED DENGAN CONTROLLER ATMEGA 8535 DAN PLC OMRON CPM1-A

Akbar Yoga Prasty^{*)}, Sumardi, and Budi Setiyono

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: sonyasitumorang303@gmail.com

Abstrak

Pada era sekarang, teknologi semakin berkembang, tidak terkecuali pada bidang industri. Salah satu pekerjaan yang sering dilakukan di dunia industri adalah pekerjaan pemisahan barang hasil proses produksi, pemisahan ini dapat didasarkan pada jenis warna barang tersebut, akan tetapi salah satu permasalahan yang muncul adalah pekerjaan ini membutuhkan ketelitian yang cukup tinggi dan bersifat cenderung membosankan jika dilakukan oleh manusia.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan prototype konveyor pemisah tomat berdasarkan warna menggunakan sensor DT-Sense color dengan kontroler Atmega 8535 dan PLC Omron CPM1-A. Masukan sistem adalah sensor DT-Sense color, sensor photodiode-led, push button, dan relay DC. Keluarannya adalah aktuator pneumatik, relay DC, dan LCD. Barang yang akan dipisahkan berupa tomat merah besar, merah kecil, hijau besar, hijau kecil. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh bahwa prototype pemisah tomat ini sudah mampu mengenali 4 jenis tomat yang berbeda (merah besar, merah kecil, hijau besar, hijau kecil) dengan nilai rata-rata pembacaan nilai RGB untuk warna merah adalah 139, warna hijau adalah 139,3 dan warna biru adalah 138. Sensor photodiode-LED dibagi menjadi dua, 24V DC dan 5V DC

Kata kunci: konveyor, PLC Omron CPM1A, Atmega 8535, sensor warna.

Abstract

Recently, technology has been advanced, including the industry field. One work that is often done in the industry is the separation of work items of the production process, this separation can be based on the type of the goods colors, but one of the problems that arises is this work requires a fairly high accuracy and are inclined tedious if done by humans. This research purpose is to design a conveyor separator tomato by color using DT-Sense color sensor with Atmega 8535 and Omron PLC CPM1-A controller. Input of the system are DT-Sense color sensor, photodiode-LED sensor, Push button, and DC relay. The output are DVD actuators, pneumatic actuator, DC relay, and LCD. The items to be separated is a box with 8 cm x 5 cm x 5 cm. 5 kinds of colors are red, green, blue, white and black. From the testing that has been done shows from the prototype, we have conclusion that the system have been able to identify four different types of tomatoes (big red tomato, small red tomato, big green tomato, small green tomato) with an average value of reading the RGB for Red, Green, and Blue are 139, 139,3 and 138

Keywords: Conveyor, PLC Omron CPM1A, ATmega, colour sensor.

1. Pendahuluan.

Perkembangan sistem kendali dalam dunia industri semakin mengarah pada automasi industri. Tujuan dari automasi industri sendiri tidak hanya untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya pekerjaan, tetapi juga pada kualitas produksi dan fleksibilitas^[5]. Dengan perkembangan teknologi yang begitu pesatnya, segala sesuatu harusnya sudah dapat berjalan secara otomatis dan komputersisasi.

Pekerjaan memisahkan barang atau benda yang berbeda warna yang dilakukan secara terus menerus, memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi. Pekerjaan seperti ini sering dilakukan di industri, sehingga perlu suatu media yang dapat meringankan pekerjaan tersebut^[5]. Untuk mengatasi hal tersebut, kita dapat memanfaatkan teknologi komputer. Salah satu alasan utama banyaknya penggunaan dan pemanfaatan sistem otomatisasi teknologi komputer adalah karena komputer mampu melakukan pekerjaan yang berulang secara terus-menerus

tanpa mengenal waktu, hal ini dapat dimanfaatkan untuk membantu manusia mengerjakan pekerjaan yang rutinitas, seperti pekerjaan memisahkan barang berdasarkan warna.

Diperlukan beberapa peralatan pendukung agar pemisahan benda berdasarkan warna dapat dilakukan secara otomatis. Peralatan tersebut terdiri dari sistem mekanik dan sistem kontrol. Sistem mekanik terdiri dari komponen-komponen mekanik yang disusun dengan aturan tertentu sehingga dapat membentuk mekanisme tertentu yang dapat memisahkan benda dengan beberapa kategori pemisahan warna. Sedangkan sistem kontrol terdiri dari sensor, mikrokontroler, PLC, dan aktuator

2. Metode

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan *hardware* konveyor pemisah barang ini berupa kerangka besi. Ukuran dari hardware yang dibuat memiliki kurang lebih panjang 120 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 20 cm.

Beberapa komponen yang digunakan dalam perancangan perangkat keras ini antara lain :

- *Push Button* (PB).
- LED *super bright* (putih) dan *photodiode*.
- Motor DC 12 V dengan *gearbox*.
- *Relay* DC 24 V dan 5 V.
- Sensor DT Sense Color
- *Pneumatic actuator*
- Mikrokontroler AT Mega 8535
- LCD display 16x2

Pada Gambar 3.1 menggambarkan diagram blok yang digunakan pada tugas akhir ini.



Gambar 1. Proses input output.

Dari Gambar 3.1 dapat dijelaskan secara singkat fungsi umum dari masing – masing bagian, yaitu:

1. *Power supply* merupakan sumber energi yang digunakan dalam tugas akhir ini. Pada tugas akhir ini digunakan 3 tipe *power supply* yaitu 24 V DC untuk modul masukan dan keluaran PLC, menggerakkan *relay* DC 24 V pada *aktuator double acting cylinder* dan rangkaian *relay* pemutus/penyambung *supply*, serta *power supply* 5 V DC untuk *supply*

2. *Photodiode* dan LED digunakan untuk sensor tinggi dan keberadaan barang .
3. PB digunakan untuk memberi masukan ketika masih dioperasikan pada mode manual. *Push button* motor on, *push button* motor off , *push button clear color*, *push button read rgb*, *push button black calibration*, dan *push button white calibration*
4. PLC Omron CPM1A digunakan sebagai pengendali utama dari konveyor pemisah tomat serta berfungsi sebagai pencacah dan mikrokontroler ATMEGA 16 berfungsi sebagai pengendalian dalam pengambilan keputusan pemilihan warna dan tinggi.
5. *USB to RS232* digunakan untuk komunikasi antara PLC dan PC.
6. Motor DC 12 V yang dilengkapi dengan *gearbox* digunakan untuk menggerakkan *belt* konveyor.
7. *Relay* DC 24 V dan 5 V DC antara lain digunakan sebagai rangkaian pengendali motor dan sebagai *inputan* PLC.
8. Sensor warna DT *sense color* merupakan sensor yang akan membaca warna dari barang, Keluaran sensor ini berupa nilai representasi warna 8 bit pada setiap warna dasar RGB (*red, green, blue*) yang bisa dibaca oleh mikrokontroler dengan I²C.
9. *double acting cylinder* pada sistem pneumatik berfungsi sebagai *aktuator*.
10. LCD berfungsi sebagai salah satu media menampilkan hasil pembacaan dari sensor.

2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak ini digunakan *software* CX-Programmer Ver. 9 untuk membuat program dan menanamkan program ini pada PLC. Sedangkan untuk pemrograman mikrokontroler ATmega 8535 menggunakan bahasa C dengan compiler Code Vision AVR 2.0.4.4a versi Advanced.

Perancangan perangkat lunak program ini secara garis besar bertujuan untuk mengatur kerja sistem seperti inialisasi *register* I/O yang ada pada mikrokontroler ATmega 8535 dan variabel awal yang harus diatur pada awal program, pembacaan hasil sensor, penentuan keputusan, dan tampilan. *Input* pada perancangan alat ini adalah sensor warna DT-Sense color yang dikendalikan oleh *push button* dan *photodiode-LED*. Sedangkan *output* adalah LCD 16x2 HD44780 dan *Relay* DC. *State* yang terdapat pada perancangan ini adalah *readrgb*, *whitebalance*, *blackbalance*, *clearcolor*, *MERAH_BESAR*, *HIJAU_BESAR*, *MERAH_KECIL*, *HIJAU_KECIL*. Sedangkan data yang disimpan pada *buffer* adalah nilai RGB (*Red Green Blue*) warna.

Untuk memudahkan dalam pembuatan ladder diagram maka kita perlu melakukan identifikasi terlebih dahulu terhadap alamat *input*, *output*, dan fungsi yang akan

digunakan. Setelah membuat tabel alokasi pengalamatannya, maka kita dapat membuat ladder diagramnya sesuai dengan logika program yang kita telah ditentukan.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Pembacaan sensor warna

Pengujian masukan dilakukan 5 kali dengan cara mengamati LCD setelah mendapat masukan melalui sensor warna DT-Sense, pengamatan dilakukan dengan cara melihat LCD yang dikontrol Mikrokontroler. Berikut adalah beberapa pengujian yang dilakukan sensor warna DT-Sense.

Pada bagian ini kita akan mengamati ketepatan sensor warna dalam membaca warna merah.

Tabel 1. Pengujian sensor photodiode 5V logika high.

Kondisi : tidak terhalang	Inverting input (-)	Non inverting input (+)	Output	Logika
Sensor 1	0,2138 V	2,43 V	3,634 V	High
Sensor 2	0,2114 V	2,428 V	3,632 V	High
Rata-rata	1.125 V	2,745 V	3,609 V	High

Pada 5 kali pengujian tabel 4.7 sensor warna tidak dapat membaca warna merah 1 kali. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketepatan pembacaan warna merah dengan menggunakan sensor warna DT-Sense adalah 80%.

Pada bagian ini kita akan mengamati ketepatan sensor warna dalam membaca warna hijau.

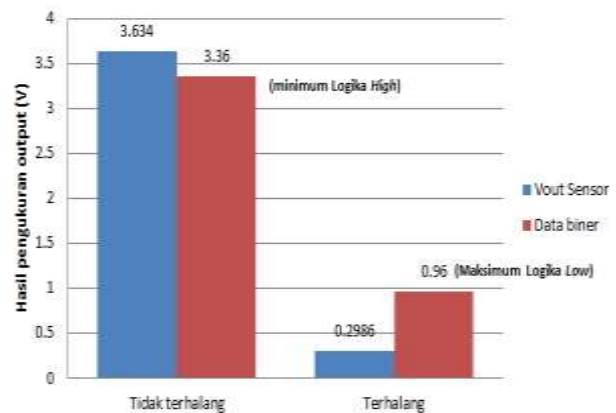
Tabel 2. Pengujian sensor photodiode 5V logika low.

Kondisi : terhalang	Inverting input (-)	Non inverting input (+)	Output	Logika
Sensor 1	4,058 V	2,542 V	0.2986 V	Low
Sensor 2	4,166 V	2,56 V	0,303 V	Low
Rata-rata	4,195 V	2,659 V	0,424 V	Low

Pada 5 kali pengujian tabel 4.7 sensor warna tidak dapat membaca warna merah 1 kali. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketepatan pembacaan warna merah dengan menggunakan sensor warna DT-Sense adalah 100%.

Dari tabel 4.3 dan 4.4 dapat ditampilkan grafik respon setiap sensor photodiode-LED terhadap output dari IC LM 358 dalam bentuk grafik baik dalam keadaan terhalang dan tidak terhalang dan kemudian dibandingkan dengan nilai maksimum logika low dan minimum logika high dari mikrokontroler ATmega 8535. Berikut Grafik

pengujian sensor photodiode-LED dapat dilihat pada gambar 4.15 dan 4.16.



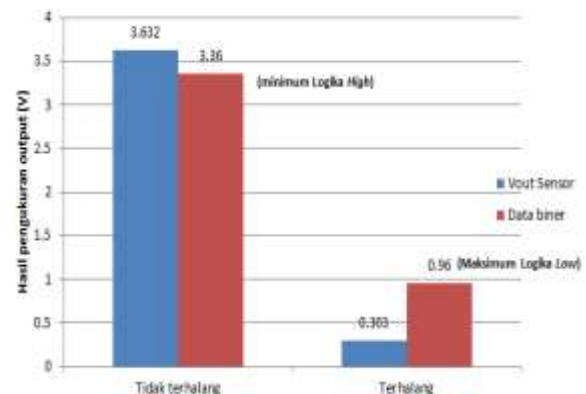
Gambar 2. Grafik pengujian sensor 1 Photodiode-LED

Dari grafik pengujian sensor 1 photodiode-LED, maka dapat kita lihat bahwa :

V rata rata saat Tidak terhalang (3,634 V) > V min. dari logika high (3,36 V)

V rata rata saat terhalang (0,2986 V) < V max. dari logika low (0,96 V)

Kedua data hasil pengukuran tegangan pada sensor 2 photodiode-LED menunjukkan bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan teori yang ada, ketika benda tidak terhalang maka output dari sensor photodiode-LED akan mengeluarkan tegangan (V) dengan nilai yang lebih besar dari tegangan (V) minimum logika high mikrokontroler, maka hal itu akan terdeteksi oleh port input mikrokontroler sebagai masukan high. Sedangkan ketika benda terhalang maka output dari sensor photodiode-LED akan mengeluarkan tegangan (V) yang lebih kecil dari tegangan (V) maksimum logika high, maka mikrokontroler akan mendeteksi hal tersebut sebagai masukan low. Dengan demikian sensor photodiode ini dapat difungsikan sebagai sensor pengukur tinggi pada sebuah benda dengan menyusun sensor photodiode ini secara vertikal. Dan sensor 1 Photodiode-LED ini akan difungsikan sebagai pendeteksi ukuran kecil.



Gambar 3. Grafik pengujian sensor 2 Photodiode-LED

Dari grafik pengujian sensor 2 photodiode-LED, maka dapat kita lihat bahwa :

V rata rata saat Tidak terhalang (3,632 V) > V min. dari logika *high* (3,36 V)

V rata rata saat terhalang (0,303 V) < V max. dari logika *low* (0,96 V)

Dalam pengukuran tegangan pada sensor 2 photodiode-LED menunjukkan bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan teori yang ada, ketika benda tidak terhalang maka *output* dari sensor photodiode-LED akan mengeluarkan tegangan (V) dengan nilai yang lebih besar dari tegangan (V) minimum logika *high* mikrokontroler, maka hal itu akan terdeteksi oleh *port input* mikrokontroler sebagai masukan *high*. Sedangkan ketika benda terhalang maka *output* dari sensor photodiode-LED akan mengeluarkan tegangan (V) yang lebih kecil dari tegangan(V) maksimum logika *high*, maka mikrokontroler akan mendeteksi hal tersebut sebagai masukan *low*.

3.2. Pengujian sistem secara keseluruhan

3.2.1. Pengujian Sensor Warna Terhadap Warna Merah

Pengujian masukan dilakukan 5 kali dengan cara mengamati LCD setelah mendapat masukan melalui sensor warna DT-Sense, pengamatan dilakukan dengan cara melihat LCD yang dikontrol Mikrokontroler. Berikut adalah beberapa pengujian yang dilakukan sensor warna DT-Sense.

3.2.1.1. Pengujian sensor warna terhadap warna merah

Pada bagian ini kita akan mengamati ketepatan sensor warna dalam membaca warna merah.

Tabel 2. Data pembacaan warna merah.

No	Warna yang diujikan	Keadaan LCD
1	Merah	Terdeteksi
2	Merah	Tidak terdeteksi
3	Merah	Terdeteksi
4	Merah	Terdeteksi
5	Merah	Terdeteksi

Pada 5 kali pengujian tabel 4.7 sensor warna tidak dapat membaca warna merah 1 kali. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketepatan pembacaan warna merah dengan menggunakan sensor warna DT-Sense adalah 80%.

3.2.1.2. Pengujian sensor photodiode LED ukuran kecil

Pada bagian ini kita akan mengamati sensor photodiode dalam membaca ukuran benda yang terdeteksi kecil.

Tabel 3. Data pembacaan sensor photodiode ukuran kecil.

No	Ukuran Benda	Sensor Photodiode 1	Sensor Photodiode 2	Hasil Pengamatan
1	1,5 cm	Aktif	Tidak Aktif	Kecil
2	1,7 cm	Aktif	Tidak Aktif	Kecil
3	2 cm	Aktif	Tidak Aktif	Kecil
4	2,5 cm	Aktif	Tidak Aktif	Kecil
5	1 cm	Aktif	Aktif	Besar

Pada 5 kali pengujian tabel 4.7 dapat kita lihat pada saat benda berukuran 5 cm di letakkan, maka sensor Photodiode 1 dan 2 aktif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk benda ukuran kecil dapat terbaca pada ukuran <5 cm.

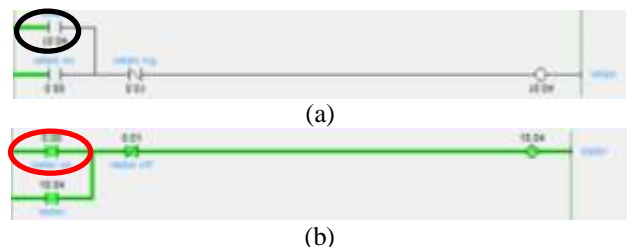
3.2.1.3. Pengujian pengontrolan relay motor

Pada bagian ini kita akan mengamati langsung keadaan beban yang dikontrol oleh relay motor.

Tabel 4. Keadaan beban yang dikontrol oleh relay motor.

Aksi yang dilakukan	Keadaan beban yang dikontrol
push button ditekan	On

Ketika *push button* ditekan, *relay* motor juga ikut *on* saat *push button motor on* ditekan dengan alamat 10.04 juga dalam kondisi *on*. Kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar ladder diagram 4.



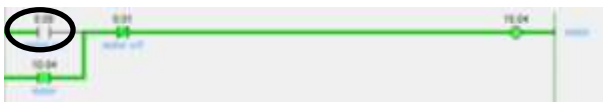
Gambar 4. (a) Keadaan *push button motor on* saat tidak ditekan
(b) Keadaan *push button motor on* saat ditekan

Kemudian kita akan mengamati langsung keadaan motor setelah *push button* ditekan.

Tabel 5. Keadaan motor yang dikontrol oleh relay motor .

Aksi yang dilakukan	Keadaan motor yang dikontrol
push button ditekan	On

Keadaan *relay motor* akan tetap *on* saat *push button motor on* dilepaskan (kondisi 0), hal ini dikarenakan *contact to relay motor* dengan alamat 10.04 yang berfungsi sebagai fungsi *latching*, sehingga menyebabkan keadaan *output relay* selalu *on* walaupun inputan *push button* dalam keadaan *off*. Kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar ladder diagram 5.



Gambar 5. Keadaan *push button motor on* saat ditekan

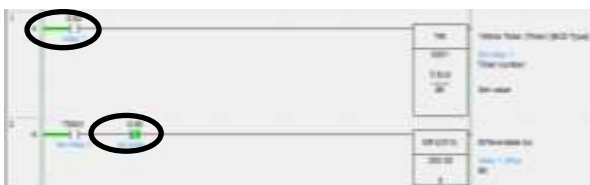
3.2.1.4. Pengujian pengontrolan deteksi tomat merah besar

Pada proses ini barang yang sudah masuk kedalam jalur lajur konveyor akan ikut bergerak juga secara horizontal, 2700 ms detik setelah barang didorong oleh Pneumatik 1 maka mikrokontroler akan memerintahkan sensor warna dan *photodiode* untuk melakukan perintah baca warna dan tinggi tomat. Barang akan dideteksi warna dan ukuran pada awal barang berjalan pada *belt konveyor*. Untuk percobaan pertama ini, sensor photodiode akan membaca tomat tersebut berukuran besar dan sensor warna akan membaca warna merah. Kemudian ladder diagram pada *CX-Programmer* akan mengaktifkan timer relay 1. Barang akan terus berjalan sampai terdeteksi photodiode 1, sehingga ladder diagram akan mendeteksi dan mengaktifkan DIFU untuk disimpan dalam *memory*. Berikut adalah proses pengaktifan input tomat merah besar ditampilkan pada tabel 6.

Tabel 6. Proses input tomat merah besar.

Keadaan Tomat	Proses yang terjadi
1. Tomat melewati sensor photodiode ketinggian.	Mikrokontroler membaca tomat sebagai tomat besar.
2. Tomat melewati sensor warna.	Mikrokontroler membaca tomat sebagai warna merah dan mengkalkulasikan hasil dengan sensor photodiode sebagai tomat merah besar. Kemudian mikrokontroler akan mengaktifkan relay 1 untuk memberikan tegangan terhadap PLC.
3. Tomat melewati sensor photodiode pendeteksi barang 1	PLC akan membaca keberadaan benda sehingga akan mengaktifkan output Pneumatik1 dan mendorong tomat keluar dari lajur konveyor.
4. Tomat melewati sensor photodiode reset	PLC akan mereset penghitungan pada counter.

Kita juga dapat lihat keadaan *relay tomat merah besar on* dan sensor photodiode *on* untuk mengaktifkan DIFU untuk disimpan dalam *memory* pada gambar ladder diagram 6.



(a)

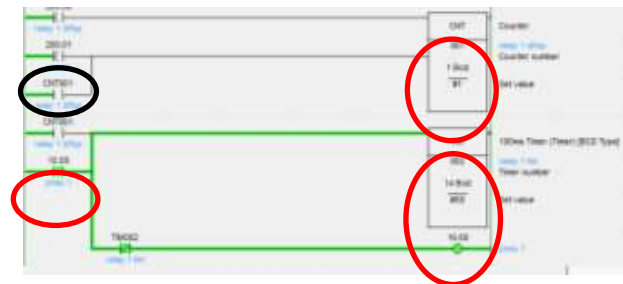


(b)

Gambar 6. (a) Keadaan *output* saat *relay 1* dan sensor *photodiode off*
(b) Keadaan *output* saat *relay 1* dan sensor *photodiode on*

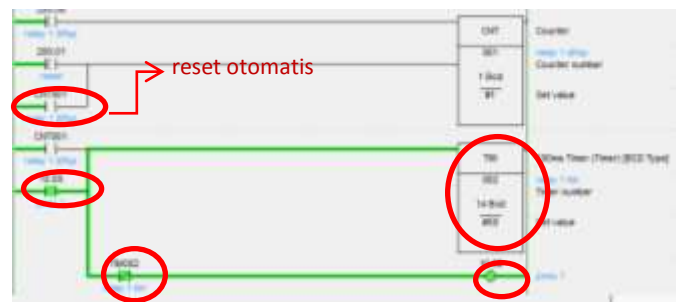
Setelah barang melewati photodiode, counter akan aktif sebagai trigger untuk mengaktifkan timer dan *aktuator* pneumatic 1 sebagai output. Timer akan menyala 50 detik.

Ketika barang keluar dari jalur belt konveyor dan melewati sensor photodiode-LED maka mengaktifkan sensor reset pada *counter* untuk mengembalikan penghitungan dari awal. Berikut gambar ladder diagram saat aktuator pneumatic 1 aktif ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7. Keadaan *output pneumatic* saat *relay mengaktifkan counter dan timer*

Selain sensor photodiode fungsi *counter* pada sistem ini jg berfungsi sebagai *reset* secara otomatis setelah mencacah sebanyak 1 kali (sudah mencapai nilai *set value* yang ditentukan).



Gambar 8. Penggunaan reset otomatis dengan *timer 1*

Pada gambar 8. Alamat *contactor* CNT001 berfungsi sebagai reset otomatis. *contactor* dari *counter* CNT001 akan berubah ketika sudah mencapai nilai *set value* yang sudah ditentukan. Indikator *finish* akan tetap hidup selama 50 detik memanfaatkan fungsi timer pada PLC seperti pada gambar 7..

Dari sistem di atas dilakukan pengujian tomat merah besar sebanyak 5 kali. Sehingga mendapat data pada tabel 7. sebagai berikut.

Tabel 7. Pengujian tomat merah besar.

No	Warna	Kondisi warna	Ukuran Benda	Sensor Photodiode 1	Sensor Photodiode 2	Hasil Pengamatan
1	Merah	Terbaca	12 cm	Aktif	Aktif	Pneumatik 1 terdorong
2	Merah	Terbaca	6 cm	Aktif	Aktif	Pneumatik 1 terdorong
3	Merah	Tidak Terbaca	7 cm	Aktif	Aktif	Pneumatik 1 tidak terdorong
4	Merah	Terbaca	9 cm	Aktif	Aktif	Pneumatik 1 terdorong
5	Merah	Terbaca	5 cm	Aktif	Aktif	Pneumatik 1 terdorong

Pada 5 kali pengujian tabel 7. dapat kita lihat sensor warna dan sensor Photodiode 1 dan 2 terdapat *error* pada pembacaan sensor warna di pengujian ke 3. Sehingga menyebabkan pneumatik 1 tidak dapat terdorong.

Tabel 8. Pengujian pemisahan tomat

Jenis Tomat	Jumlah Asli	Jumlah yang Terbaca	Error
Merah Besar	5	4	1
Merah Kecil	5	3	2
Hijau Besar	5	2	3
Hijau Kecil	5	2	3

Dari tabel 8. dapat kita lihat bahwa pembacaan sensor warna dalam membaca warna hijau kurang maksimal. Hal tersebut dikarenakan warna tomat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan beberapa pengujian dan analisis yang dilakukan pada prototype konveyor pemisah barang, hasil pembacaan sensor belum terlalu sesuai dengan teori yang ada, hal ini dikarenakan faktor perbedaan pada proses pembacaan yang menggunakan sistem warna RGB sedangkan proses pencetakan menggunakan sistem warna CMYK, kualitas dari bahan yang dicetak, dan kualitas dari mesin pencetak. Contoh hasil sensor pembacaan sensor pada warna merah menampilkan data RGB (178, 94, 67) padahal nilai RGB nya seharusnya adalah (250,0,0). Untuk melakukan pendekatan hasil pembacaan dan teori perlu dibuat persamaan matematisnya. Ketika tidak dihalangin \bar{V} -inverting *input* Sensor photodiode-LED adalah 1, 125V dan \bar{V} -non inverting *input* 2, 745V sedangkan \bar{V} output adalah 3, 609V. Ketika dihalangin \bar{V} -inverting *input* adalah 4, 195V dan \bar{V} -non inverting *input* 2, 659V sedangkan \bar{V} output adalah 0, 424V. Prototype sudah mampu mengenali 5 jenis barang yang berbeda (kotak merah, hijau, biru, hitam dan putih) dan mampu memisahkan barang tersebut sesuai dengan warnanya

masing masing dengan tingkat keberhasilan sebesar 84 %. Pengendalian pada alat dapat dilakukan dengan menggunakan *push button* secara manual atau secara digital pada menu HMI. Untuk pengembangan berikutnya bagian mekanik konveyor harus didesain agar mampu membuat laju konveyor stabil, sensor warna bisa menggunakan sistem kamera agar bisa memisahkan lebih banyak jenis barang dan juga membuat perancangan HMI yang mampu mengontrol sistem via WEB sehingga proses pengendalian bisa dilakukan lebih fleksibel dan *mobile*.

Referensi

- [1]. Arianto, P., "Penyeleksi Barang Pada Lift Berbasis Pneumatik Menggunakan PLC dengan Sistem Monitoring Intelution FIX 32", Skripsi-S1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2006.
- [2]. Bailey, D. and E.Wright, "Practical SCADA for Industri", Australia, 2003.
- [3]. Hadi, R.W., "Perancangan Alat Pendeteksi kualitas daging Berdasar Warna dan Bau Berbasis Mikrokontroler ATmega 16 Menggunakan Logika Fuzzy", Skripsi-S1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [4]. Handoko, S., "Miniatur 2 Lift 5 Lantai Menggunakan Kontroler 2 PLC dengan One To One Pc Link Connection", Skripsi-S1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [5]. Hartono, Rachmad, "Aplikasi PLC pada Pengendalian Separator Pemisah Benda dengan Empat Kategori Pemisahan", Skripsi-S1, Universitas Pasundan, Bandung, 2012.
- [6]. Setiawan, I., "Programmable Logic Control (PLC) dan Perancangan Sistem Kontrol", Andi, Yogyakarta, 2005.
- [7]. Situmorang M., "Konversi Warna ke Nilai Frekuensi Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 dengan Display LCD", Skripsi S-1, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2011.
- [8]. Dr. Yellampalli Siva, Prathibha, E., and Prof. A. Manjunath, "Design and Implementation of Color Conversion Module RGB to YcbCr and Vice Versa", International Journal of Computer Science Issues, vol.1, 14-15, 2011