

# SISTEM PEMILAHAN DUA PRODUK MENGUNAKAN ROBOT MANIPULATOR 6-AXIS

Agnes Soesanto, Handry Khoswanto, Indar Sugiarto  
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra  
Jl.Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-Mail: C11190001@john.petra.ac.id, handry@petra.ac.id, indi@petra.ac.id

**Abstrak** – Revolusi industri 4.0 yang sedang berkembang pesat telah mempengaruhi perkembangan pendidikan. Untuk mempersiapkan mahasiswa menghadapi era industri 4.0, laboratorium elektronika di Universitas Kristen Petra telah membuat modul berdasarkan kebutuhan industri saat ini. Pemisahan dua produk telah menjadi suatu kebutuhan dalam industri manufaktur. Saat ini, pemisahan produk telah beralih dari metode manual menjadi otomatis guna meningkatkan efisiensi. Sistem yang akan dibuat akan menggunakan robot universal 3 CB-Series untuk mengambil produk dari konveyor. Sistem ini juga akan menggunakan *web camera* sebagai penglihatan komputer dengan menggunakan OpenCV untuk mendeteksi produk, serta *encoder* untuk melacak pergerakan serta kecepatan konveyor. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, sistem berhasil memisahkan produk berdasarkan rasa dengan membedakan warna dari kotak produk. Sistem ini dapat beroperasi dengan baik pada kecepatan konveyor sebesar 0,0708 meter/detik dan intensitas cahaya antara 1,36 hingga 1,72 lumen, dengan tingkat keberhasilan mencapai 99%. Jika terdapat permen yang masuk ke dalam sistem namun warnanya tidak terdaftar dalam program OpenCV, produk tersebut tidak akan terdeteksi.

**Kata Kunci** – Revolusi Industri, *universal robot*, *pendeteksian produk*, *pemilahan produk*, *web camera*, *OpenCV*, *encoder*, *conveyor tracking*

## I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi digitalisasi yang pesat telah mengganggu proses bisnis industri, dikenal sebagai Industri 4.0. Revolusi ini telah mengubah model pendidikan yang ada dan membutuhkan pendidikan yang sesuai dengan era Industri 4.0. Pendidikan saat ini harus fokus pada pengembangan keterampilan dan pengetahuan yang tidak dapat digantikan oleh robot, karena di masa depan, robot pintar akan menggantikan manusia dalam beberapa aktivitas. Salah satu karakteristik Industri 4.0 adalah penggunaan kecerdasan buatan, seperti penggunaan robot manipulator untuk menggantikan pekerjaan yang berulang dan meningkatkan efisiensi.

Untuk memenuhi persyaratan Industri 4.0, universitas perlu memperbarui sistem pendidikan mereka. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah menyelenggarakan pembelajaran yang terkait dengan penggunaan robot manipulator. Robot manipulator adalah robot lengan yang dapat meniru gerakan tangan manusia. Penggunaan robot lengan ini dapat meningkatkan efisiensi dan kecepatan dalam melakukan pekerjaan dibandingkan dengan manusia.

Salah satu aspek penting dalam Industri 4.0 adalah sistem pemilahan produk. Sistem pemilahan produk sebelumnya dilakukan secara manual dengan bantuan manusia, tetapi

sekarang industri beralih ke teknologi yang lebih baik. Penggunaan otomatisasi dalam pemilahan produk dapat mengurangi biaya dan meningkatkan produktivitas. Namun, sistem pemilahan manual tidak efektif karena membutuhkan ketelitian dan keahlian manusia.

Sistem terkait pemilahan produk yang telah pernah dibuat adalah Perancangan Otomatis Konveyor Pemisah Produk Berdasarkan Warna Berbasis Arduino Nano. Dalam perancangan sistem ini menggunakan sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi produk, dimana sensor warna ini dapat membaca 4 mode warna, yaitu merah, hijau, biru, dan clear [1]. Namun Teknik pendeteksian menggunakan sensor warna ini masih memiliki banyak kelemahan dan solusi yang diberikan pun hanya untuk mengatasi permasalahan pada kondisi tertentu. Sehingga jika penggunaan sensor warna ini diterapkan pada lingkungan yang rentan terhadap perubahan, maka penggunaan sensor warna ini kurang dapat diandalkan karena adanya beberapa variabel yang sangat mempengaruhi dan susah untuk dibedakan. Variable-variabel tersebut seperti factor cahaya, perubahan warna dan jarak peletakan objek terhadap sensor warna pada konveyor. Disamping itu dalam melakukan pemilahan-nya masih menggunakan baling-baling servo untuk mengarahkan produk ke tempatnya masing-masing berdasarkan warna. Dimana penggunaan servo ini memiliki kekurangan dimana *servo* tidak dapat diperbaiki jika mengalami kerusakan.

Sistem yang sudah pernah dibuat selanjutnya adalah *Design and Development Of The Vision Sorting System*. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem untuk melakukan pendeteksian serta pengidentifikasian dan sorting terhadap buah tomat yang dilihat dari warnanya. Fungsi penting dari sistem ini sendiri adalah kemampuannya untuk mengidentifikasi sifat-sifat serta menentukan koordinat dari objek untuk diurutkan. Sistem dapat mengidentifikasi dan memposisikan produk yang bergerak di atas konveyor berjalan serta dapat bergabung dengan aktuator lain untuk proses *pick and place* dalam pengepakan atau menyortir produk [2].

Penelitian terkait dengan pemilahan produk yang selanjutnya adalah *Study On An Automatic Sorting System For Date Fruits*. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem otomatis untuk pemilahan pada buah kurma. Fungsi penting dari sistem ini adalah untuk mendeteksi tingkat kematangan buah kurma berdasarkan warna dari buah kurma yang terbagi atas empat fase warna. Tingkat kematangan kurma sendiri terbagi atas 3 fase yaitu *khalal*, *rotab* dan *tamar*. Dimana ketiga tingkat kematangan ini memiliki warna yang hampir sama sehingga sistem ini harus cukup handal agar penyortiran buah kurma

dapat berjalan dengan lancar. Pada penelitian ini sistem yang dibuat dapat mendeteksi kurma *tamar* dan *kurma* khalal namun keakuratan sistem untuk mendeteksi kurma *rotab* masih tidak cukup [3].

Untuk mengatasi masalah tersebut, teknologi *machine vision* yang menggunakan OpenCV muncul sebagai solusi. Teknologi ini dapat mendeteksi produk berdasarkan warna dan bentuk. OpenCV adalah pustaka perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan citra secara *real-time*. Selain itu, penggunaan robot manipulator juga membantu mengatasi masalah *servo* yang tidak dapat diperbaiki jika rusak.

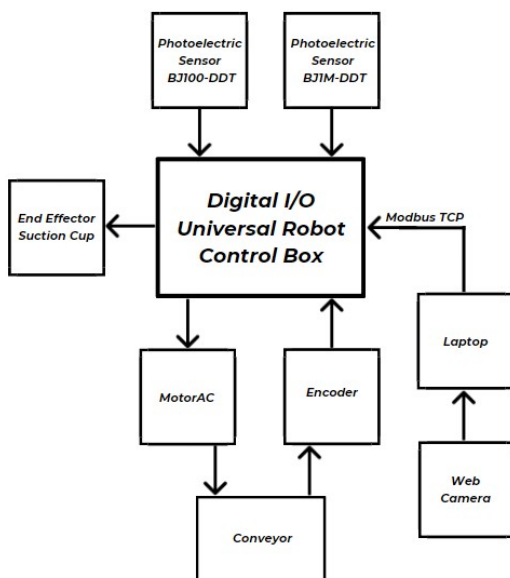
Universitas Kristen Petra memiliki laboratorium elektronika yang membutuhkan modul praktikum terkait dengan robot manipulator menggunakan universal robot. Modul praktikum ini dapat digunakan sebagai alat pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan industri saat ini. Modul ini akan diterapkan dalam sistem pemilahan produk yang menggabungkan penggunaan robot manipulator dan teknologi *machine vision*. Dengan menambahkan teknik *conveyor tracking*, sistem pemilahan dapat berjalan lebih cepat dan efisien.

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan modul pembelajaran bagi mahasiswa Teknik Elektro untuk sistem pemilahan dua jenis produk menggunakan robot manipulator 6 sumbu. Sistem ini akan memilah produk permen berdasarkan warna dan bentuk.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mencakup sistem pemilahan produk menggunakan robot manipulator 6-axis. Produk yang dipilah adalah permen ricola dengan 2 rasa yang berbeda. Deteksi produk dilakukan berdasarkan warna kotak permen ricola, dengan warna kuning untuk rasa *lemon mint* dan warna biru untuk rasa *glacier fresh mint*. Deteksi dilakukan di bagian depan dan belakang kotak ricola.

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain Universal Robot, *web camera*, *suction cup*, *photoelectric sensor* dan *encoder*. Untuk gambar lebih detail, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Block Diagram Sistem

Sistem ini menggunakan dua *photoelectric sensor*. Sensor fotoelektrik pertama digunakan untuk memulai proses pelacakan konveyor, sedangkan sensor fotoelektrik kedua

menandakan bahwa proses pelacakan konveyor telah selesai dan produk dapat dipindahkan oleh lengan robot ke kotak masing-masing sesuai jenis produknya. Pada desain ini, kamera digunakan untuk mengambil gambar produk. Kamera ini terhubung ke laptop atau PC dan diproses menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan menggunakan *library* OpenCV agar kamera dapat mendeteksi warna produk yang ada atau masuk. Kamera yang digunakan dalam sistem ini adalah web camera yang diletakkan di atas konveyor secara tegak lurus. Laptop/PC terhubung ke papan kontrol dari Universal Robot, yang kemudian berkomunikasi dengan Universal Robot menggunakan *modbus TCP/IP* untuk jenis produk. Sistem ini juga menggunakan *encoder* untuk melacak pergerakan dan kecepatan konveyor. Sistem ini terdiri dari tiga bagian: mekanik, perangkat lunak, dan elektronik. Ketiga bagian ini akan dijelaskan lebih detail di bawah ini.

### A. Rancangan Perangkat Keras

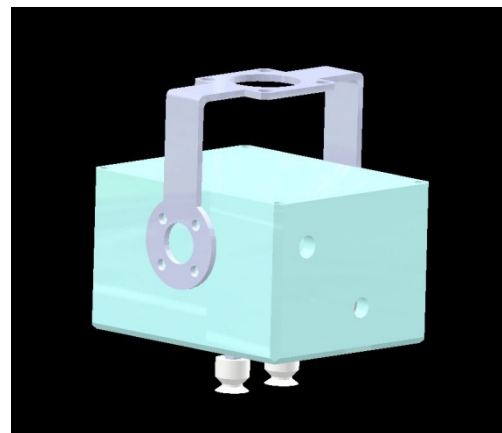
Sistem ini membutuhkan dua jenis perangkat keras untuk beroperasi. Perangkat keras pertama adalah *roller encoder*, sedangkan perangkat keras kedua adalah *suction cup*.



Gambar 2. Roller Encoder Dari Sisi Luar dan Dalam

*Roller encoder* dipasang di sebelah *belt conveyor* dan di bawahnya agar tidak mengganggu pergerakan produk. *Roller encoder* menggunakan bahan PU karena memiliki karakteristik yang hampir sama dengan karet, yaitu tidak licin. Sehingga saat *belt conveyor* bergerak, *roller* ini dapat berputar sesuai dengan kecepatan *conveyor*. *Roller encoder* dalam rancangan ini memiliki diameter 90 milimeter.

Dalam sistem ini, *roller* diperlukan agar *encoder* dapat mengambil data kecepatan dari konveyor. Untuk membuat *roller encoder* ini, digunakan tujuh jenis perangkat keras yang akan digabungkan untuk berhasil menyambungkan konveyor dan *encoder*.



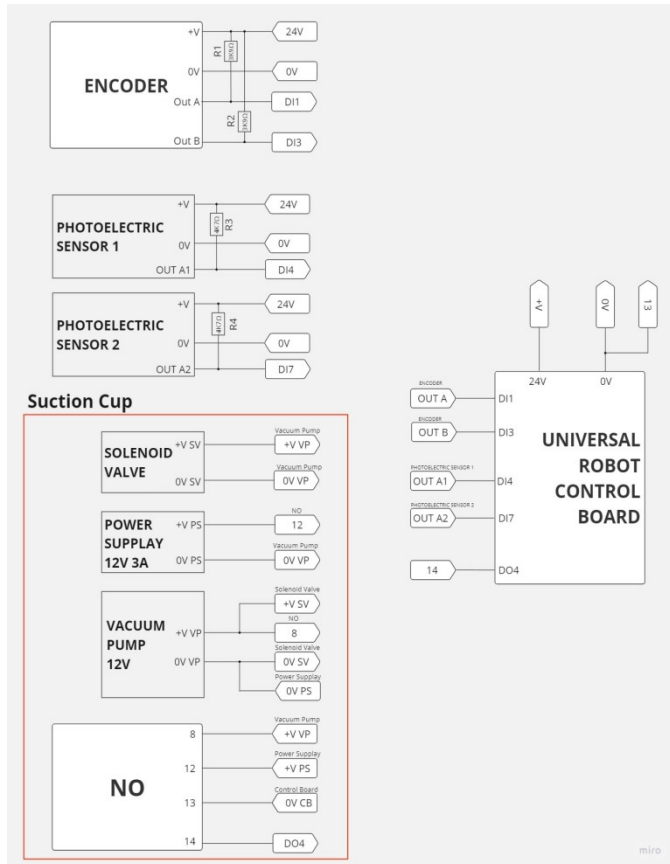
Gambar 3. Suction Cup

Pada sistem ini, untuk fitur *pick and place*, akan menggunakan *suction cup*. *Suction cup* ini terdiri dari dua bagian, di mana bagian pertama digunakan untuk menghubungkan *suction cup* dengan robot. Bagian kedua

berfungsi sebagai tempat untuk komponen-komponen seperti motor dan lainnya agar *suction cup* dapat berfungsi dengan baik. *Suction cup* ini menggunakan *vacuum suction cup* dengan diameter 15 milimeter. Dalam gambar di bawah ini, terdapat desain dan gambar 3D dari *suction cup* yang dibuat menggunakan 3D print dengan menggunakan bahan plastik PLA+.

**B. Rancangan Elektronik**

Gambar di bawah ini menampilkan rangkaian keseluruhan komponen yang akan digunakan dalam sistem ini. Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu dua *photoelectric sensor*, satu *encoder*, dan penggunaan *suction cup*.



Gambar 4. Rangkaian Keseluruhan Komponen Menuju ke Controller Universal Robot

Encoder tipe E50S8-300-3-N-24 dipasang di bagian bawah *aluminium profile* pada konveyor. Encoder ini adalah jenis *rotary encoder* dan digunakan untuk menjalankan fitur *conveyor tracking* pada *universal robot*. Untuk menghubungkannya dengan robot, *encoder* ini dihubungkan ke *input/output* controller robot melalui *digital input*. Encoder ini menggunakan 2 input pada *universal robot*. Selain itu, karena *encoder* ini memiliki output kontrol berupa *NPN open collector*, resistor *pull up* diperlukan untuk menghindari nilai *floating*.

Pada rangkaian di atas, digunakan resistor dengan nilai 3K9Ω untuk melakukan *pull up* pada *encoder*. Untuk menentukan ukuran resistor yang diperlukan, dilakukan perhitungan berikut. Encoder model ini memiliki arus maksimal sebesar 30mA, sehingga dengan menggunakan resistor 3K9Ω, arus yang dihasilkan adalah 6mA. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$I = V / R \tag{1}$$

Berikut adalah perhitungan untuk mencari nilai I menggunakan resistor 3K9Ω:

- Menghitung nilai R dengan menggunakan I<sub>max</sub> Encoder:  
 $I = V / R$   
 $30mA = 24V / R$   
 $0.03A = 24V / R$   
 $R = 800\Omega$
- Menghitung nilai I menggunakan R = 3K9Ω:  
 $I = V / R$   
 $I = 24V / 3900\Omega$   
 $I = 0.006 A = 6mA$

Dengan demikian, penggunaan resistor 3K9Ω memenuhi persyaratan, karena arus yang dihasilkan tidak melebihi arus maksimal dari encoder.

Kemudian untuk rangkaian *suction cup*, rangkaian ini membutuhkan beberapa komponen agar *suction cup* dapat beroperasi. Komponen-komponen tersebut meliputi *solenoid valve*, *power supply* 12V 3A, *vacuum pump* 12V, *relay* dengan jenis rangkaian *normally open*. Penggunaan *relay* *normally open* bertujuan agar *suction cup* hanya aktif ketika *digital output* 4 diaktifkan melalui program. Dalam rangkaian ini, *power supply* yang digunakan bukan milik *universal robot* karena *power supply* miliknya memiliki tegangan 24V, sedangkan *vacuum pump* hanya membutuhkan tegangan 12V. Pin 14 akan terhubung dengan *digital output* 4 pada *control board* *universal robot*.

Rangkaian *photoelectric sensor* terdiri dari dua sensor, yaitu sensor BJ100-DDT dan sensor BJ1M-DDT. Kedua sensor ini dipasang pada *aluminium profile* di sisi kanan. Pada sistem ini, sensor pertama digunakan untuk mendeteksi barang dan mengaktifkan fitur *conveyor tracking*. Sensor kedua digunakan untuk menghentikan fitur *conveyor tracking* dan menginstruksikan robot lengan untuk mengangkat produk dan menempatkannya dalam kotak yang sesuai. Kedua sensor ini terhubung ke *controller input/output*, khususnya *digital input* pada *universal robot*, sehingga sinyal input dari sensor dapat dikirim ke *universal robot*. Selain itu, karena sensor ini memiliki output kontrol berupa *NPN open collector*, resistor *pull up* diperlukan untuk menghindari nilai *floating*.

Pada koneksi di atas, digunakan resistor dengan nilai 4K7Ω untuk melakukan *pull up* pada *photosensor*. Untuk menentukan ukuran resistor yang diperlukan, dilakukan perhitungan berikut. *Photosensor* model ini memiliki arus maksimal sebesar 30mA, sehingga dengan menggunakan resistor 4K7Ω, arus yang dihasilkan adalah 5mA. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus arus pada persamaan 1

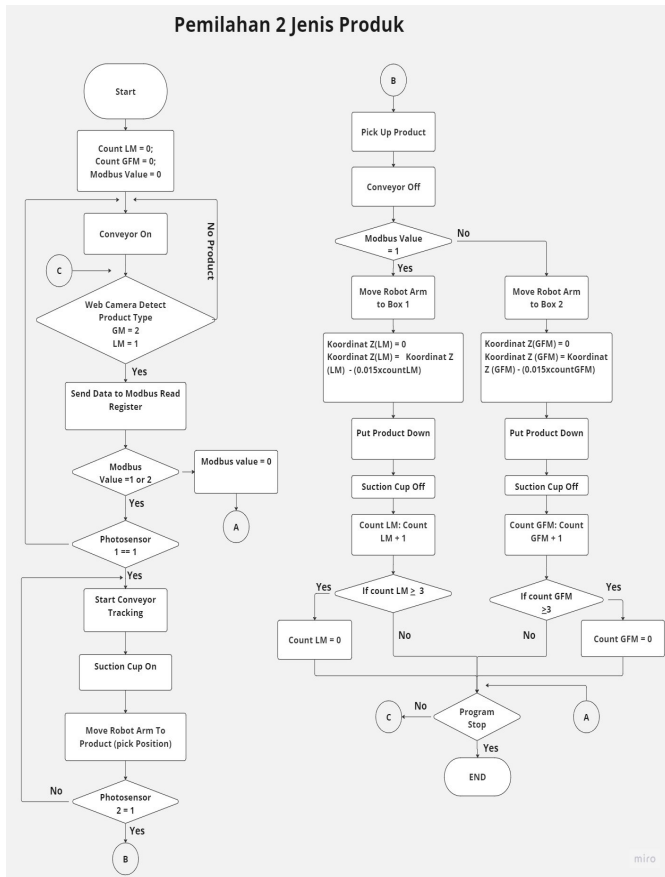
Berikut adalah perhitungan untuk mencari nilai I menggunakan resistor 4K7Ω:

- Menghitung nilai R dengan menggunakan I<sub>max</sub> photosensor:  
 $I = V / R$   
 $30mA = 24V / R$   
 $0.03A = 24V / R$   
 $R = 800\Omega$
- Menghitung nilai I menggunakan R = 4K7Ω:  
 $I = V / R$   
 $I = 24V / 4700\Omega$   
 $I = 0.005 A = 5mA$

Dengan demikian, penggunaan resistor 4K7Ω memenuhi persyaratan, karena arus yang dihasilkan tidak melebihi arus maksimal dari *photosensor*.

C. Rancangan Perangkat Lunak

Sistem ini memiliki dua bagian dalam perancangan perangkat lunaknya, yaitu program pemilahan, program pendeteksian warna dan program pendeteksian permen.



Gambar 5. Flowchart Program Universal Robot

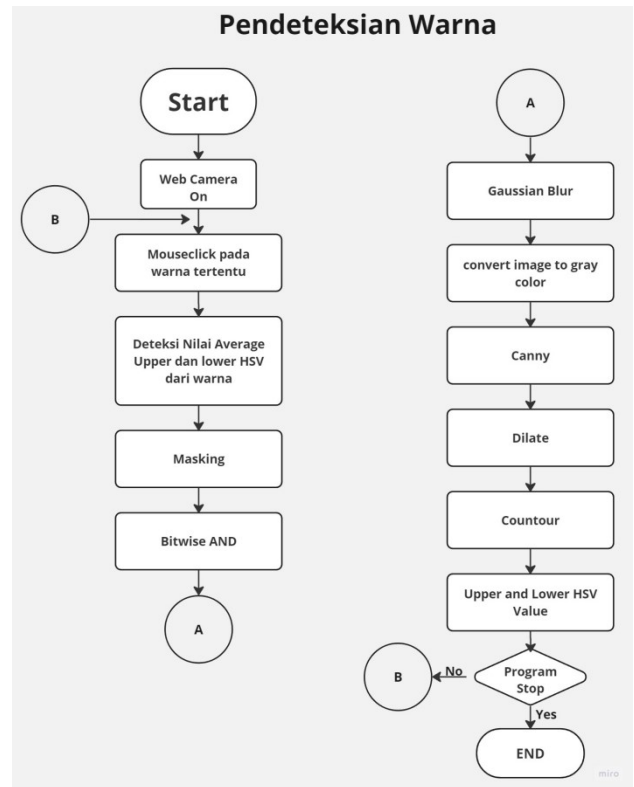
Pada sistem ini, saat sistem dijalankan, konveyor akan mulai bergerak. *Web camera* akan siap untuk mendeteksi jenis produk. Dalam program OpenCV yang telah dibuat, produk Ricola dengan rasa *Lemon Mint* diidentifikasi sebagai nilai 1, sedangkan produk Ricola dengan rasa *Glacier Fresh Mint* diidentifikasi sebagai nilai 2. Data tersebut akan dikirim ke *modbus read register* pada port 138 dan disimpan. Jika produk yang masuk bukan merupakan Ricola rasa *Lemon Mint* atau *Glacier Fresh Mint*, maka program tidak akan mendeteksi produk tersebut dan *conveyor tracking* tidak akan dilakukan. Namun, jika produk terdeteksi oleh *web camera* sebagai *Lemon Mint* atau *Glacier Fresh Mint*, *conveyor tracking* akan dilakukan dan produk akan dibawa ke kotaknya masing-masing.

Setelah produk terdeteksi oleh *web camera* dan mencapai titik pendeteksian oleh *photoelectric sensor 1* yang bernilai 1, fitur *conveyor tracking* akan aktif. *Suction cup* akan menyala, dan lengan robot akan berada pada posisi *pick* di atas produk, mengikuti pergerakan produk pada konveyor. Kecepatan robot akan sama dengan kecepatan konveyor. Robot akan terus mengikuti produk hingga mencapai titik pendeteksian oleh *photoelectric sensor 2* yang bernilai 1.

Ketika *photoelectric sensor 2* bernilai 1, lengan robot akan berhenti mengikuti produk, mengangkat produk, dan konveyor akan berhenti. Produk akan ditempatkan di kotaknya masing-masing sesuai dengan jenis rasa. Ketika lengan robot berada di posisi di atas kotak permen, robot akan memulai proses *counting* untuk fitur *stacking* produk. Dalam

fitur *stacking*, produk akan dihitung hingga mencapai 3, lalu nilai *z* akan dikurangi sebesar 0,015. Rumus perhitungan posisi sumbu *z* dapat dilihat di pada *flowchart* pemilahan 2 jenis produk.

Setelah robot meletakkan produk ke dalam kotak sebanyak 3 kali, nilai *count* akan *direset* menjadi 0, dan proses *counting* dan *stacking* akan diulang dari awal. Ketika robot telah meletakkan produk ke dalam kotak, *suction cup* akan dimatikan. Setelah itu, program selesai, dan pengguna dapat memilih untuk melanjutkan atau menghentikan sistem. Jika memilih untuk melanjutkan, sistem akan kembali ke pendeteksian produk oleh *web camera*. Jika memilih untuk menghentikan, sistem akan berhenti.



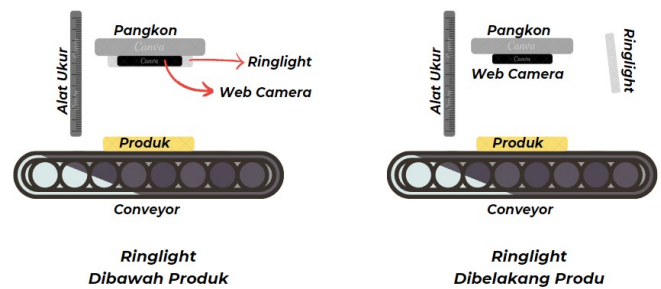
Gambar 6. Flowchart Program Pendeteksian Warna

Pada sistem ini untuk pendeteksian warna menggunakan nilai *upper* dan *lower HSV* dari gambar. Saat sistem dimulai, *web camera* akan aktif. Dengan menekan tombol kiri pada mouse pada warna tertentu di dalam *frame* gambar yang diambil oleh *web camera*, sistem akan mendeteksi nilai rata-rata *upper* dan *lower HSV* dari titik yang diklik oleh mouse. Setelah rata-rata nilai *upper* dan *lower HSV* dihitung, dilakukan *masking*, *bitwise and*, *gaussian blur*, dan konversi *image* hasil *gaussian blur* menjadi warna putih. Selanjutnya, dilakukan *canny*, *dilate*, dan *contour*. Program akan menampilkan nilai *upper* dan *lower HSV*, dan pengguna dapat memilih untuk menghentikan program dengan memilih "yes" atau mengulang proses dengan menekan tombol kiri mouse pada titik tertentu dalam *frame*.

Pada sistem untuk pendeteksian produk. Pertama akan dilakukan inialisasi *count* dan *none*, kemudian terhubung ke *modbus*. *Web camera* akan mulai mendeteksi warna. Jika warna yang dideteksi bernilai 1 (*lemon mint*), akan ditentukan *color area*. Jika *color area* lebih besar dari 30000, produk akan terdeteksi, dan *contour box* akan digunakan untuk mengkotaki produk. Nilai 1 akan ditambahkan ke dalam *list item* menggunakan fungsi *append*, dan *count* akan bertambah

1. Hal yang sama dilakukan jika warna yang dideteksi adalah 2 (*glacier fresh mint*). Jika dua produk masuk secara berurutan, nilai keduanya akan masuk ke dalam *list item*. Jika produk tidak terdeteksi, *none* akan bernilai 1 dan akan mengubah nilai *address* 138 menjadi 1. *None* berfungsi untuk mereset nilai 138 menjadi 0, sehingga produk yang bukan *lemon mint* atau *glacier fresh mint* tidak akan diambil oleh robot. Jika produk terdeteksi, nilai *address* 139 akan menjadi 1, menandakan bahwa robot belum mengambil produk. Jika robot telah mengambil produk, nilai *address* 140 (*counter*) akan dikurangi 1. Program akan masuk ke tahap program *stop*. Jika memilih "no", program akan kembali ke tahapan deteksi warna. Jika memilih "yes", program akan berhenti.

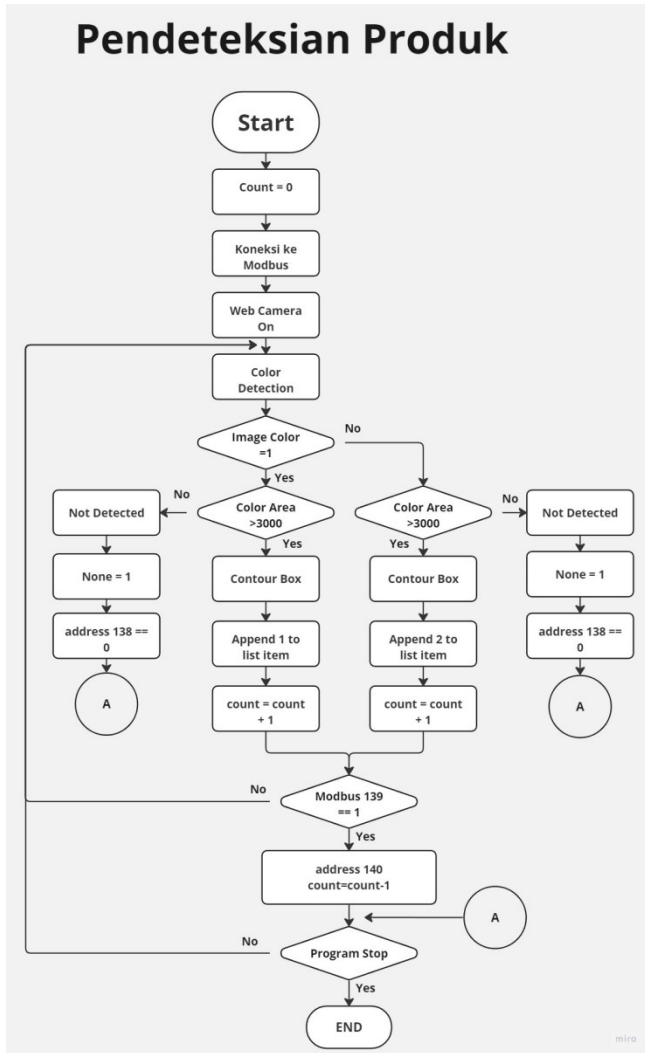
tua. Selain itu, posisi atau jarak ketinggian kamera dengan produk juga diuji untuk mendapatkan jarak deteksi terbaik.



Gambar 8. Posisi Ringlight Pada Sistem

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, posisi terbaik untuk *ring light* adalah di belakang produk agar cahaya tidak memantul ke konveyor dan menghindari kesalahan pendeteksian. Jarak yang disarankan antara *web camera* dan produk adalah antara 16.5 cm sampai 18.5 cm. Namun, jarak optimal adalah 18.5 cm karena pada jarak tersebut seluruh produk dapat masuk ke dalam *frame camera* dengan baik dan tidak ada bagian yang keluar dari *frame*, sehingga pendeteksian produk dapat dilakukan dengan baik.

Dalam hal penggunaan warna cahaya, warna putih direkomendasikan karena merupakan warna yang paling baik untuk mendeteksi kedua jenis produk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa produk *glacier fresh mint* tidak dapat terdeteksi jika menggunakan warna kuning muda atau kuning tua. Pendeteksian pada warna kuning muda hanya berhasil dilakukan pada tingkat intensitas cahaya 10 dan 11, tetapi terjadi *blinking* yang menghasilkan *spam counter* pada program. Sementara itu, produk *glacier fresh mint* tidak dapat terdeteksi dengan menggunakan warna kuning tua. Oleh karena itu, kesimpulan dari pengujian adalah pendeteksian dapat berjalan dengan baik jika *ring light* diletakkan di belakang produk, jarak *web camera* dan produk sejauh 18.5 cm, dan warna cahaya yang digunakan adalah putih dengan tingkat intensitas cahaya minimum mulai dari tingkat 8 dan maksimum tingkat 11. Berikut merupakan hasil pengujian ketika produk dapat terdeteksi dengan baik.



Gambar 7. Flowchart Pendeteksian Produk

### III. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA

Pada sistem ini dilakukan beberapa pengujian. Pengujian-pengujian tersebut akan dijelaskan dibawah ini

#### A. Pengujian Pengaruh Tingkat Keterangan Serta Posisi Cahaya dan Jarak Camera Menuju Ke Produk

Pada pengujian ini, produk *ricola lemon mint* dan *ricola glacier fresh mint* ditempatkan di atas konveyor di bawah *web camera*, kemudian hasil deteksinya diamati melalui monitor. Terdapat tiga jenis cahaya yang berbeda dalam pengujian ini, masing-masing dengan sebelas tingkatan intensitas cahaya, mulai dari redup hingga terang. Tiga jenis cahaya tersebut adalah cahaya putih, cahaya kuning muda, dan cahaya kuning

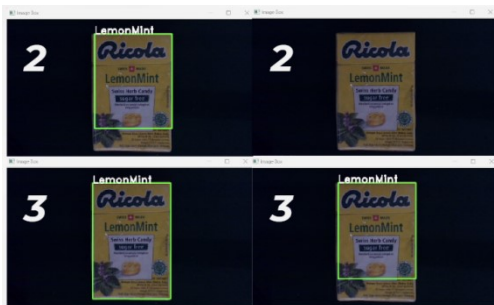


Gambar 9. Pengujian Keberhasilan Pendeteksian Produk Ricola Glacier Fresh Mint

Ketika *ring light* berada dibelakang produk, pendeteksian terhadap *ricola glacier fresh mint* baru dapat berjalan dengan lancar ketika tingkat intensitas Cahaya bearada pada tingkat ke 9 hingga 10.



Gambar 10. Pengujian Keberhasilan Pendeteksian Produk Ricola Lemon Mint

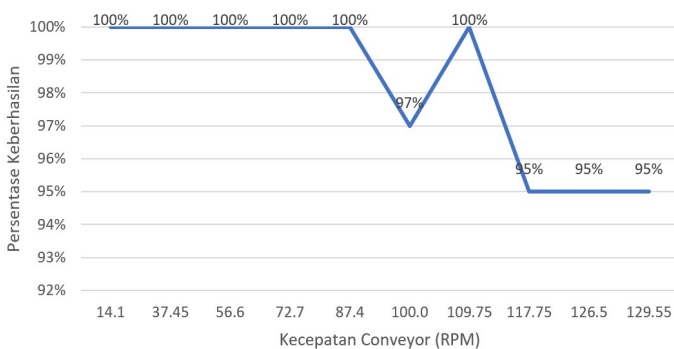


Gambar 11. Kegagalan Pendeteksian Produk Ricola Fresh Mint

Pada eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan *ring light* dan warna lampu putih, pendeteksian terhadap produk *lemon mint* dapat dilakukan dengan memanfaatkan tingkat intensitas cahaya ke-2 hingga ke-11. Meskipun demikian, pada tingkat intensitas cahaya ke-2 dan ke-3, pendeteksian tidak sempurna karena *box* pendeteksi tidak konsisten dan terjadi *blinking* yang menyebabkan penambahan pada *counter*. Hasil yang paling baik diperoleh pada tingkat intensitas cahaya ke-4 hingga ke-11.

**B. Pengujian Pengaruh Kecepatan Conveyor Terhadap Kemampuan Web Camera Dalam Mendeteksi Jenis Produk Berdasarkan Warna**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pada kecepatan conveyor yang tepat agar *web camera* dapat mendeteksi warna dari produk yang lewat pada conveyor.



Gambar 12 Grafik Pengaruh Kecepatan Conveyor Terhadap Kemampuan Web Camera Dalam Mendeteksi Jenis Produk Berdasarkan Warna

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, keberhasilan pendeteksian ditandai dengan persentase keberhasilan sebesar

100%. Namun, terdapat beberapa kegagalan pendeteksian yang disebabkan oleh kecepatan conveyor yang terlalu cepat dan pantulan cahaya yang mengakibatkan produk tidak terdeteksi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ketika kecepatan conveyor berada dalam rentang 14.1 RPM hingga 87.4 RPM, web camera dapat berhasil mendeteksi jenis produk.

**C. Pengujian Pengaruh Kecepatan Conveyor Terhadap Jalannya Sistem Secara Keseluruhan**

Pada sistem ini, fitur *conveyor tracking* memungkinkan robot untuk menyamakan kecepatannya dengan kecepatan conveyor. Dengan demikian, saat kecepatan conveyor meningkat, robot akan menyesuaikan kecepatannya agar sejalan dengan kecepatan conveyor. Universal robot memiliki batas kecepatan maksimum, di mana jika robot bergerak terlalu cepat, sistem *protective stop* akan diaktifkan dan robot akan berhenti bergerak. Dalam pengujian ini, akan dilakukan pengecekan kecepatan maksimum yang dapat diatasi oleh robot dalam fitur *conveyor tracking*.

Tabel 1. Pengujian Kecepatan Maximum Conveyor yang Dapat Diterima Robot

Kecepatan Conveyor (RPM)	Keseluruhan Sistem	Keterangan
14.1	Good	Fitur <i>conveyor tracking</i> dapat berjalan dengan lancar tanpa ada terjadi kendala
37.45	No Good	Fitur <i>conveyor tracking</i> berjalan lancar, namun ketika <i>conveyor tracking</i> dihentikan robot terpental dan <i>protective stop</i> pada robot aktif.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, kecepatan maksimum yang dapat ditangani oleh robot adalah ketika kecepatan conveyor mencapai 10%. Pada kecepatan conveyor tersebut, sistem, terutama fitur *conveyor tracking*, dapat berjalan lancar. Namun, apabila kecepatan conveyor ditingkatkan menjadi 20%, meskipun *conveyor tracking* masih berfungsi dengan baik, sistem akan mengalami kegagalan. Kegagalan tersebut terjadi karena jangkauan robot yang terbatas. Ketika robot mencapai titik dari *photoelectric* sensor 2, di mana seharusnya robot mulai mengangkat produk dan meletakkannya ke dalam kotak, robot tidak memiliki waktu untuk mengurangi kecepatan. Akibatnya, lengan robot terpental dan fitur *protective stop* pada robot diaktifkan. Ketika situasi ini terjadi, sistem dianggap gagal. Dengan demikian, kesimpulan yang dapat diterima oleh sistem agar sistem dapat berjalan dengan lancar adalah sebesar 10% atau setara dengan 0,0708 meter/detik.

**IV. KESIMPULAN**

Dalam pengerjaan penelitian ini, kami mendapatkan beberapa kesimpulan. Pertama, pendeteksian produk berdasarkan warna dapat berjalan dengan baik jika *ring light* ditempatkan di bagian belakang produk dan jarak antara *web camera* dan produk adalah 18,5 cm. Warna cahaya yang digunakan adalah putih dengan tingkat intensitas cahaya minimum mulai dari level 8 hingga level 11.

Kedua, agar sistem secara keseluruhan dapat berjalan lancar, kecepatan maksimum konveyor yang diterima oleh sistem adalah 10% atau sekitar 0,0708 meter/detik.

Ketiga, keterlambatan respon dari *photosensor* berpengaruh pada penempatan vacuum *suction cup* pada produk. Meskipun terjadi keterlambatan, ketidakakuratan penempatan hanya sebesar 0,7 cm hingga 1,2 cm. Sistem masih dapat mentoleransi ketidakakuratan tersebut sehingga fitur *pick and place* dapat berjalan dengan lancar.

Terakhir, modul pembelajaran yang dibuat mendapatkan respon positif dari responden. Hal ini terlihat dari pemberian nilai yang baik dan persetujuan terhadap pertanyaan yang diajukan dalam modul pembelajaran. Namun, ada beberapa responden yang memberikan saran terkait langkah-langkah dan penulisan yang perlu diperbaiki agar modul menjadi lebih baik dan mudah dipahami oleh praktikan.

Penelitian ini memiliki potensi untuk dikembangkan dan diperbaiki lebih lanjut dengan mengikuti saran berikut: memberikan dukungan pada kaki robot universal agar saat robot bergerak dengan kecepatan tinggi, tidak terjadi getaran pada kaki yang dapat menyebabkan pergeseran atau perubahan posisi robot dari posisi awalnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hafidz, H. "Perancangan otomatis konveyor pemisah produk berdasarkan warna berbasis Arduino uni di PT. Jonan Indonesia", *Journal of Vocational Education*, 1, pp. 1-18, 2022.
- [2] Tho, T. P., Thin, N. T., & Bich, N. H. "Design and development of the vision sorting system". *Proceedings 3rd International Conference on Green Technology and Sustainable Development*, (pp. 217–223). 2022. IEEE. <https://doi.org/10.1109/GTSD.2016.57>
- [3] Pourdarbani, R., Ghassemzadeh, H. R., Seyedarabi, H., Nahandi, F. Z., & Vahed, M. M. "Study on an automatic sorting system for date fruits". *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1), 83–90. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.08.006>