

# *Pengolahan Citra menggunakan Metode Otsu dan Hough Circle Transform untuk Prototipe Alat Sortir Buah Apel*

Kartika Firdausy

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Ahmad Dahlan  
Yogyakarta  
kartika@ee.uad.ac.id

Cahya Utama Purwa Negara

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Ahmad Dahlan  
Yogyakarta  
cahya1500022003@webmail.uad.ac.id

**Abstrak**—Apel merupakan suatu jenis buah dengan peminat yang banyak. Buah apel banyak terdapat di daerah Malang dengan jenis yang beragam salah satunya yaitu buah apel Malang *rome beauty*. Buah apel memiliki beberapa proses pengolahan pasca panen, salah satunya adalah sortir buah apel berdasarkan ukuran diameter untuk penentuan *grade* sesuai dengan standar mutu. *Grade* buah apel Malang *rome beauty* terdiri dari 4 *grade*, yakni A, B, C, dan D. Pada penelitian yang telah dilakukan memiliki tujuan untuk membangun suatu prototipe sistem untuk memilah buah apel menggunakan pengolahan citra metode Otsu dan *Hough Circle Transform*. Sortir buah apel berdasarkan ukuran diameter yang telah ditentukan. Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat *Graphical User Interface* adalah *Microsoft Visual Studio C++ 2015*, implementasi fungsi pengolahan citra diambil dari *library OpenCV 3.2*, dan *Arduino IDE 1.8.4* untuk pengendalian konveyor. Perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem konveyor adalah *Arduino Mega 2560*, *webcam Logitech C270*, *motor driver module L298N*, *motor servo*, dan sensor *proximity infrared*. Sistem telah diuji dengan variasi tingkat pencahayaan. Hasil terbaik yang diperoleh dalam pengujian adalah menggunakan cahaya luar ruangan (320 lux) dengan akurasi 90%.

**Kata kunci**—*buah apel Malang rome beauty; sortir buah apel; grade buah apel; hough circle transform; otsu*

## I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah suatu negara yang mempunyai beragam hasil pertanian dan perkebunan baik jenis sayur-sayuran maupun buah-buahan. Salah satu jenis hasil pertanian dan perkebunan adalah apel (*Rosacea*). Apel merupakan jenis buah yang banyak digemari masyarakat karena memiliki kandungan vitamin antara lain, vitamin A, B1 dan C [1]. Tanaman apel yang terdapat di kota Batu Malang pada tahun 2000 mencapai hingga 3.107.195 pohon dengan hasil produksi 147.000 ton, sedangkan pada tahun 2004 tanaman apel berkurang menjadi 2.137.314 dengan hasil produksi keseluruhan 46.000 ton [2].

Proses pengolahan hasil perkebunan buah apel diantaranya adalah pemilahan produk untuk menentukan kualitasnya. Petani maupun pengusaha buah apel Malang masih

menggunakan cara manual untuk melakukan pemilahan. Cara manual tersebut seringkali tidak akurat, tidak konsisten, kecepatan pemilahan yang rendah dan berbeda-beda dalam penentuannya karena bergantung pada persepsi manusia.

Diameter buah apel merupakan salah satu kriteria dalam pemilahan pada proses pengolahan pasca panen. Diameter buah apel ini digunakan sebagai penentu “*grade*” standar mutu buah apel *rome beauty*. Standar mutu buah apel yang berlaku pada saat ini adalah ukuran, berat dan jumlah perkilogram, yang terdiri dari 4 *grade* yakni *grade A* = > 7,5 cm (3-4 buah/kg), *grade B* = > 6,5 cm – ≤ 7,5 cm (5-6 buah/kg), *grade C* = > 5,5 – ≤ 6,5 cm (7-8 buah/kg) dan *grade D* = ≤ 5,5 cm (≥ 9 buah/kg). Buah apel yang memiliki ukuran sangat kecil dan cacat atau rusak tidak akan dimasukkan dalam *grade A* sampai *grade D* [3].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengembangkan sistem sortir diantaranya yaitu penelitian yang diimplementasikan pada *belt conveyor* sebagai pemisah buah manggis dengan menggunakan metode *Summary Squared Error* (SSE) yang dilakukan oleh Saputra, Firdaus dan Derisma untuk membandingkan hasil nilai *error* dari citra warna buah manggis dan menggunakan algoritma *Hough Circle Transform* untuk menentukan ukuran jari-jari lingkaran buah manggis. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa batang buah manggis mempengaruhi pendeteksian buah sehingga ukuran diameter buah yang dideteksi kurang sesuai, dengan hasil rata-rata *error* 10,9%, akan tetapi ketika diukur dari bagian bawah buah manggis maka hasil rata-rata *error* sebesar 3,4% [4].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rachmat, Mardiyanto dan Budiman dengan mengimplementasikan metode *Hough Circle* untuk mengurangi potensi kesalahan pada saat melakukan pengukuran diameter kayu yang tidak bulat sempurna. Pada pengukuran diameter antara satu orang dengan orang lain akan memiliki perbedaan. Hal ini disebabkan karena perbedaan persepsi, sehingga penelitian ini dibuat untuk perhitungan

yang lebih akurat dan presisi. Dari penelitian ini didapat hasil dengan akurasi mencapai 89% [5].

Pada penelitian ini dibuat rancang bangun *prototipe* sistem sortir buah apel Malang *rome beauty* dengan menggunakan metode *thresholding Otsu* dan *Hough Circle Transform* yang digerakkan oleh konveyor dan disortir oleh motor *servo* dengan pengontrol *Arduino Mega* dan *webcam* sebagai pengambil data citra buah apel. Pemakaian *prototipe* karena kegiatan pemilahan buah apel Malang *rome beauty* masih dilakukan secara manual yang sering kali tidak konsisten, tidak akurat dan kecepatan dalam pemilahan rendah.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Thresholding

*Thresholding* merupakan suatu operasi pengambangan yang digunakan dalam mengubah citra warna menjadi citra keabuan dengan hasil citra keabuan memiliki 2 buah nilai (0 atau 1). Hasil nilai citra keabuan tertentu akan berwarna hitam untuk nilai 0 dan berwarna putih untuk citra bernilai 1.[6].

### B. Hough Circle Transform

*Hough Transform* merupakan suatu metode yang digunakan dalam mengisolasi suatu fitur dalam sebuah citra. Penggunaan metode ini digunakan dalam mendeteksi bentuk-bentuk geometri seperti lingkaran, garis, elips, dan lain-lain. Salah satu metode *hough transform* yang digunakan dalam mendeteksi bentuk lingkaran yaitu *hough circle transform*. Persamaan parametrik *hough circle transform* yang digunakan untuk bentuk lingkaran adalah seperti pada persamaan (1).

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r \quad (x - a)^2 + (y - b)^2 = r \quad (1)$$

Koordinat pusat lingkaran diinisialisasikan dengan variabel *a* dan *b*, sedangkan untuk nilai radius lingkaran diinisialisasikan variabel *r*. Komputasi algoritma akan mengalami peningkatan, disebabkan oleh jumlah parameter pada koordinat dan akumulator berdimensi 3. Secara umum komputasi dan ukuran deret akumulator meningkat secara polinomial dengan jumlah parameternya seperti ditunjukkan pada persamaan (2) dan (3).

$$x = a + r \cos(\theta) \quad x = a + r \cos(\theta) \quad (2)$$

$$y = b + r \sin(\theta) \quad y = b + r \sin(\theta) \quad (3)$$

Metode *hough circle transform* dapat digunakan untuk menentukan parameter lingkaran. Sebuah lingkaran dengan nilai radius (*r*) dan titik tengah lingkaran (*a,b*) sesuai pada persamaan (2) dan (3).  $\theta$  adalah sudut lingkaran, parameter *x* dan *y* akan berubah sesuai dengan perubahan sudut ( $\theta$ ) [7].

### C. Metode Otsu

Histogram citra *gray level* dapat dibagi menjadi dua daerah secara otomatis tanpa memasukkan nilai ambang oleh pengguna dengan menggunakan *thresholding* Otsu yang menggunakan pendekatan diskriminan. Pendekatan analisis diskriminan digunakan untuk menentukan perbedaan antara dua atau lebih kelompok yang muncul. Analisis ini memaksimumkan nilai variabel sehingga dapat membagi antara obyek latar depan dan latar belakang. Metode Otsu didapat dengan menggunakan formulasi nilai ambang yang akan dicari dari suatu citra *gray level* yang dinyatakan dengan variabel *k*. Nilai *k* yang digunakan antara 1 sampai dengan *L*, dengan nilai *L* = 255. Setiap piksel pada *level* ke-*i* dapat dicari probabilitasnya dengan menggunakan persamaan (4).

$$P_i = n_i / NP_i = n_i / N \quad (4)$$

dengan:

*P<sub>i</sub>* merupakan nilai dari probabilitas piksel ke-*i*

*n<sub>i</sub>* merupakan jumlah piksel pada *level* ke-*i*

*N* adalah total dari jumlah piksel pada citra.

Dalam menghitung jumlah kumulatif  $\omega(k)$  menggunakan formulasi seperti pada persamaan (5), untuk *L* = 0,1,2,3,...,L-1.

$$\omega(k) = \sum_{i=1}^k P_i \omega(k) = \sum P_i \quad (5)$$

Dalam menghitung jumlah rerata kumulatif digunakan formulasi  $\mu(k)$  pada persamaan (6), untuk *L* = 0,1,2,3,...,L-1.

$$\mu(k) = \sum_{i=1}^k i \cdot P_i \mu(k) = \sum i \cdot P_i \quad (6)$$

Pada persamaan (7) digunakan untuk menghitung rerata intensitas global  $\mu_T(k)$  pada citra.

$$\mu_T = \sum_{i=1}^L i \cdot P_i \mu_T = \sum i \cdot P_i \quad (7)$$

Berdasarkan pada persamaan (5-7), nilai *k* adalah tingkat dari *level* citra keabuan dengan rentang setiap piksel yang akan dihitung. Untuk mendapatkan hasil variasi antar kelas (*between class variance*) dapat dicari menggunakan persamaan (8).

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \quad (8)$$

Dari hasil variasi antar kelas kemudian nilai maksimal paling besar akan dicari sebagai *threshold* dengan memaksimalkan persamaan (9).

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq k < 255} \sigma_B^2(k) \sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq k < 255} \sigma_B^2(k) \quad (9)$$

$$1 \leq k < 255 < k < 255$$

dengan:

$\omega(k)$  = *cummulative sum* citra

$\mu(k)$  = *cummulative mean* citra

$\mu_T(k)$  = rerata intensitas global citra

$\sigma_B^2(k)$  = *threshold value* citra

Variasi antar kelas digunakan dalam mencari nilai *threshold* dari citra *gray level*, nilai ambang (*threshold*) akan digunakan untuk menjadi nilai acuan dalam mengubah citra *gray level* ke citra biner. Nilai ambang pada setiap citra berbeda-beda [8][9].

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat untuk pemrosesan pengolahan citra maupun dalam pengontrolan konveyor, seperti disajikan pada Tabel 1.

TABEL I. PERANGKAT PENELITIAN

Perangkat	Keterangan
Laptop Spekifikasi: - Processor Intel i5-8250U - RAM DDR4 4GB - Hardisk 1 TB	- untuk pemrosesan citra digital pada <i>Microsoft Visual C++ 2015</i> - untuk pemrosesan pengontrolan konveyor pada <i>Arduino IDE</i> .
<i>Webcam</i> Logitech C270	untuk mengambil gambar citra buah apel dengan spesifikasi resolusi pengambilan <i>video capture</i> 720p
<i>Arduino</i> Mega 2560	sebagai sarana pengolah data dari masukan pengolahan citra buah apel dari <i>Microsoft Visual C++ 2015</i> untuk pengontrolan motor DC, motor <i>servo</i> dan motor <i>Driver Module</i> .
Motor <i>servo</i>	sebagai pemilah buah apel sesuai <i>grade</i> dengan spesifikasi 180 0° dengan tegangan yang masuk sebesar 4,8-6,0 Volts.
Motor <i>Driver Module</i> L298N	sebagai <i>module</i> pengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC dengan spesifikasi <i>power supply</i> +12 Vdc dan pin kontrol IN A1, A2, B1, B2

Motor DC	- untuk menggerakkan konveyor sebagai penggerak buah apel - spesifikasi torsi 3,6 Kg.cm, kecepatan 100 rpm dan masukan tegangan 12 Vdc
<i>Microsoft Visual C++ 2015</i>	<i>software</i> untuk mengembangkan aplikasi pengolahan citra buah apel.
<i>Library</i> OpenCV 3.2	pustaka dari beberapa fungsi dalam pengolahan citra.
<i>Arduino IDE</i> 1.8.4	<i>software</i> untuk memprogram pengontrolan motor DC, motor <i>servo</i> dan Motor <i>Driver Module</i> .

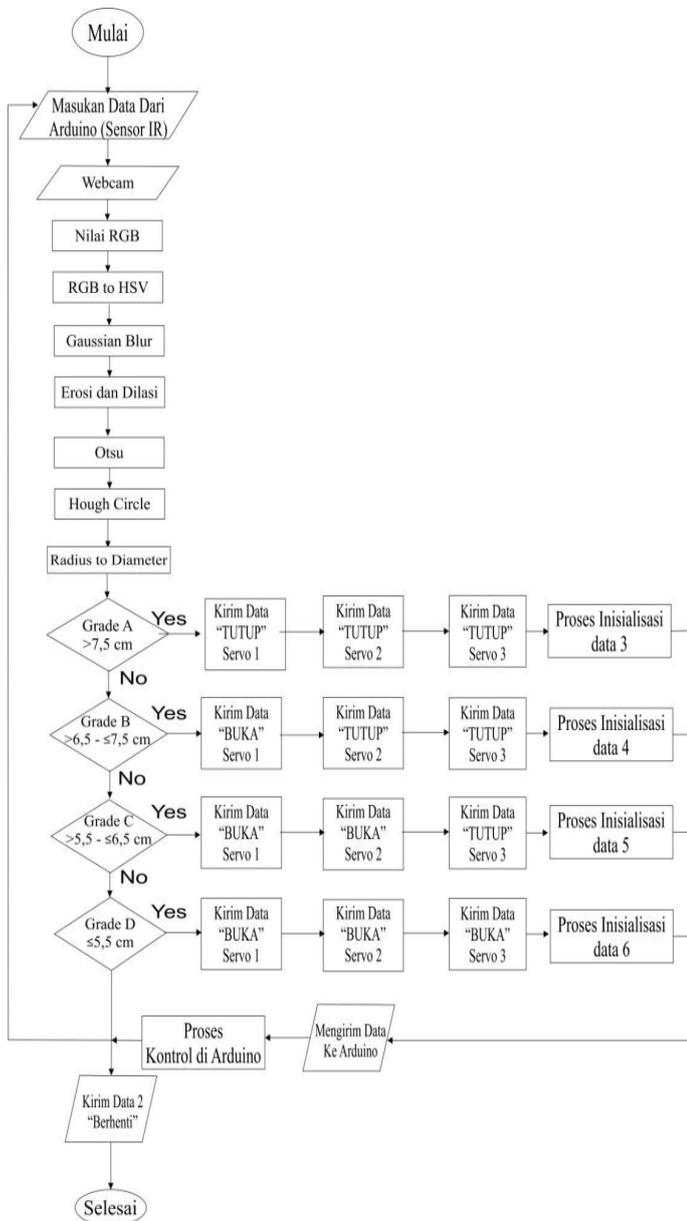
Tampilan *Graphical User Interface* (GUI) pada aplikasi yang dibuat untuk memantau proses pendeteksian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan rancangan GUI aplikasi *visual studio*

Berdasarkan Gambar 1, kotak bagian kiri digunakan untuk menampilkan citra hasil *Hough Circle Transform*, akan muncul lingkaran berwarna ungu di sekeliling citra buah apel. Sedangkan kotak bagian kanan untuk menampilkan citra hasil *thresholding* Otsu. Terdapat 4 buah *textbox* digunakan untuk mengetahui status buah apel, jika termasuk *grade* yang benar maka akan ditampilkan status **YA** dan jika tidak termasuk, maka status menjadi **BUKAN**. *Textbox* **DIAMETER** untuk menampilkan ukuran diameter buah apel dan *textbox* **RADIUS** untuk menampilkan nilai radius yang didapat. Pada bagian bawah kiri terdapat *button* **MULAI** dan **BERHENTI**.

Diagram alir proses pengolahan citra pada *Visual C++* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Pengolahan Citra

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 2, maka algoritma pengolahan citra yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Input untuk proses pengambilan citra buah apel,
2. Citra buah apel tersebut akan menghasilkan nilai RGB yang dikonversi menjadi HSV, kemudian diberi filter Gaussian Blur untuk mengurangi noise,
3. Erosi dan dilasi untuk melakukan pengikisan dan penambahan hasil piksel untuk mendapatkan citra yang lebih baik,
4. Hasil citra yang dikenai erosi dan dilasi diubah menjadi *thresholding* secara otomatis dengan menggunakan Thresholding Otsu,

5. *Hough Circle Transform* didapat dengan bantuan *Thresholding* dalam penentuan lingkaran buah apel,

6. Citra hasil *Hough Circle Transform* masih berupa radius dalam satuan piksel, dan kemudian dikonversi menjadi diameter dalam satuan centimeter,

7. Output citra akan menentukan hasil standar mutu buah apel (grade) yang akan diolah oleh Arduino sehingga dapat dipilah,

8. Nilai radius digunakan untuk menentukan diameter buah apel,

9. Pengaturan yang diberikan dalam komunikasi serial di Visual Studio C++ sebagai berikut:

- Jika buah apel berdiameter  $> 7,5$  cm (grade A) maka data akan mengirim 3 perintah tutup ke motor Servo untuk semua motor Servo dengan inisialisasi data 3,

- Jika buah apel berdiameter  $> 6,5 - \leq 7,5$  cm (grade B) maka data akan mengirim 1 perintah buka motor Servo dan 2 perintah tutup motor Servo dengan inisialisasi data 4,

- Jika buah apel berdiameter  $> 5,5 - \leq 6,5$  cm (grade C) maka data akan mengirim 2 perintah buka motor Servo dan 1 perintah tutup motor Servo dengan inisialisasi data 5,

- Jika buah apel berdiameter  $< 5,5$  cm (grade D) maka data akan mengirim 3 perintah buka semua motor Servo dengan inisialisasi data 6.

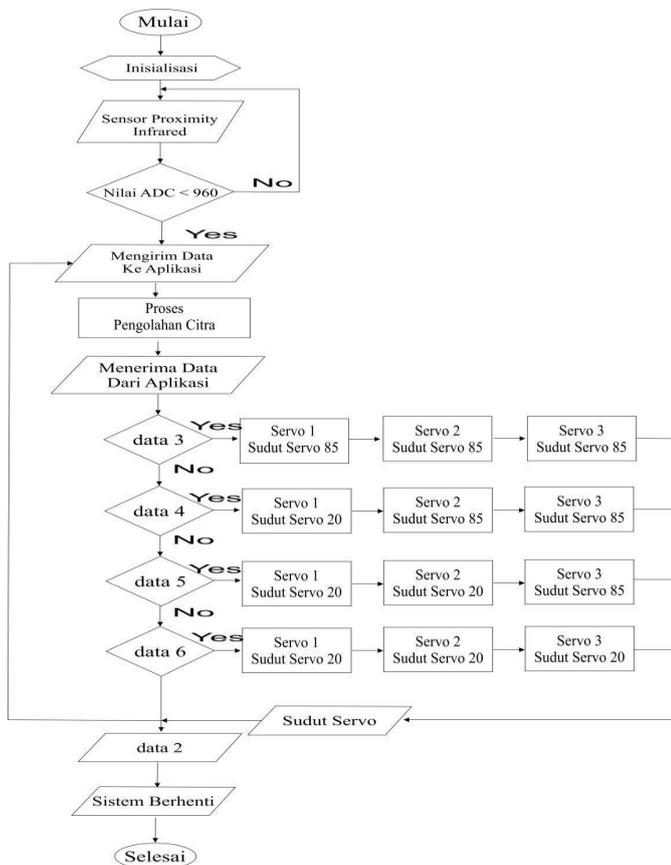
10. Perintah-perintah ke motor Servo diberikan inisialisasi sesuai dengan pendeteksian buah apel, kemudian dari inisialisasi tersebut dikirim ke Arduino melalui komunikasi serial yang kemudian akan memproses pengontrolan di Arduino,

11. Setelah proses pengontrolan di Arduino, maka dapat dilakukan pengolahan citra buah apel jika menerima data dari sensor Proximity Infrared.

12. Apabila diberi input data 2 atau menekan button berhenti, maka semua proses pengolahan citra akan berhenti.

13. Data 2, 3, 4, 5 dan 6 merupakan inisialisasi yang digunakan pada komunikasi serial antara aplikasi di Visual Studio C++ dan Arduino IDE.

Diagram alir dalam pengontrolan motor *servo* dalam pemilahan buah apel menggunakan *Arduino Mega* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Proses Sistem *Arduino*

Dari diagram alir proses sistem *arduino* maka algoritma sistem *Arduino Mega* yang digunakan sebagai berikut:

1. *Arduino* akan memproses program ketika tombol mulai ditekan, belt conveyor akan bergerak.
2. Sensor Proximity Infrared digunakan untuk mendeteksi buah apel yang berada pada conveyor dengan nilai output ADC < 960, maka *Arduino* mengirimkan data serial ke Visual Studio C++ untuk melakukan proses pengambilan citra,
3. Setelah proses pengolahan citra selesai, hasil data citra tersebut akan dikirim ke *Arduino* lagi untuk memerintahkan Servo dalam membuka (20o) atau menutup (85o),
4. Perintah motor Servo berupa data angka 3,4,5 dan angka 6,
  - Perintah 3 palang “TUTUP” dengan inisialisasi data 3,
  - Perintah 1 palang “BUKA” dan 2 palang “TUTUP” dengan inisialisasi data 4,
  - Perintah 2 palang “BUKA” dan 1 palang “TUTUP” dengan inisialisasi data 5,
  - Perintah 3 palang “BUKA” dengan inisialisasi data 6.
5. Perintah yang dikirim ke motor Servo akan menggerakkan motor Servo dengan output membuka dan menutup palang,
6. Jika menerima data 2 maka semua sistem akan berhenti.

7. Data 2, 3, 4, 5 dan 6 merupakan inisialisasi yang digunakan pada komunikasi serial antara aplikasi di Visual Studio C++ dan *Arduino IDE*.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum diimplementasikan pada buah apel Malang *rome beauty*, alat dicoba untuk menentukan nilai radius buah apel dengan menggunakan kertas karton berwarna merah berbentuk lingkaran yang disesuaikan ukurannya dengan standar *grade* buah apel. Kertas karton ini digunakan untuk acuan dalam menentukan nilai radius (dalam satuan piksel) yang akan dikonversi menjadi diameter (dalam satuan centimeter). Diameter buah apel Malang *rome beauty* sebagai parameter yang akan diukur. Diameter buah apel ini merupakan salah satu standar mutu buah apel dalam proses pasca panen buah apel pada kegiatan pemilahan atau pensortiran buah apel dalam penentuan *grade*. Conveyor bekerja dengan menggerakkan motor DC sebagai sistem penggerak buah apel dan *webcam* akan mendeteksi buah apel ketika terdeteksi oleh sensor *proximity infrared*. Nilai radius dan ukuran diameter buah apel seperti pada Tabel 2.

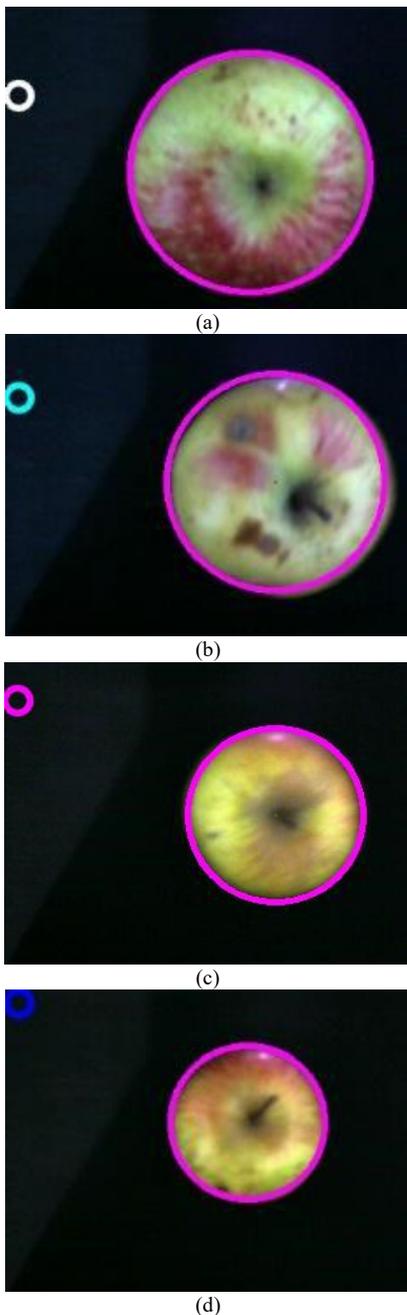
TABEL II. HASIL PENENTUAN RADIUS LINGKARAN

Grade	Radius (piksel)	Diameter (cm)
Grade A	$87 < r \leq 112$	>7,5
Grade B	$77 < r \leq 87$	6,5-7,5
Grade C	$67 < r \leq 77$	5,5-6,5
Grade D	$\leq 67$	<5,5

Setelah ditentukan nilai radius yang dikonversi menjadi diameter dalam satuan centimeter sesuai *grade*, kemudian dilakukan pengujian sistem dengan mendeteksi buah apel Malang *rome beauty* dalam 3 kondisi pencahayaan:

1. Lampu *compact fluorescent lamps* (CFL) di dalam ruangan (kondisi 1) = 46 *Lux*,
2. Lampu *compact fluorescent lamps* (CFL) dan LED 9 Volt didalam ruangan (kondisi 2) = 65 *Lux*,
3. Cahaya luar ruangan (kondisi 3) = 320 *Lux*.

Pengujian dan pengambilan citra data menggunakan buah apel *rome beauty* dengan jumlah 20 buah, masing-masing *grade* berjumlah 5 buah apel. Gambar 2 menunjukkan tampilan pendeteksian buah apel *rome beauty* pada kotak sisi kiri di GUI.



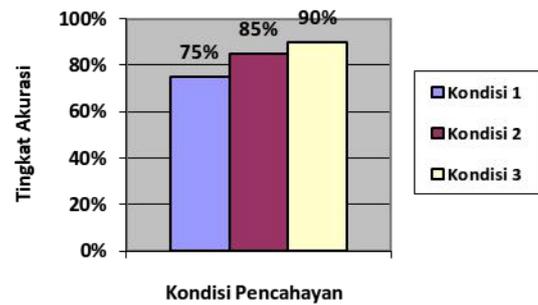
Gambar 2. Tampilan hasil deteksi buah apel rome beauty; (a) grade A; (b) grade B; (c) grade C; (d) grade D

Berdasarkan pengujian kinerja pengolahan citra (*software*) dan alat (*hardware*) yang telah dilakukan maka didapat hasil seperti pada Tabel 3 dengan grafik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.

TABEL III. HASIL PENGUJIAN

Pencahayaan	Akurasi
Kondisi 1 (46 lux)	75%
Kondisi 2 (65 lux)	85%

Kondisi 3 (320 lux)	90%
------------------------	-----



Gambar 3. Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan 3 kondisi pencahayaan yang berbeda menunjukkan bahwa hasil yang paling baik diperoleh pada kondisi 3, yaitu saat menggunakan cahaya luar ruangan (320 Lux) dengan tingkat akurasi 90%. Hasil pendeteksian yang telah didapat maka diketahui bahwa faktor pencahayaan sangat mempengaruhi hasil pendeteksian sehingga hasil pendeteksian kurang stabil.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka disimpulkan:

1. Telah berhasil dikembangkan prototipe sistem sortir buah apel rome beauty dengan menggunakan metode Otsu dan Hough Circle Transform.
2. Kinerja prototipe dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan. Tingkat keberhasilan paling baik pada kondisi cahaya luar ruangan yaitu sebesar 90% .
3. Penelitian ini diharapkan dapat membantu para petani maupun pengusaha buah apel Malang rome beauty dalam proses pemilahan sesuai standar mutu sehingga menghasilkan penentuan grade yang lebih efektif dan efisien serta mengembangkan sektor pariwisata agribisnis buah apel Malang.

Saran yang diusulkan untuk pengembangan penelitian ini adalah menggunakan algoritma lain yang dapat meningkatkan kecepatan dan akurasi proses deteksi, misal: *find contour*.

## REFERENSI

- [1] K. Prihatman, *Apel (Malus sylvestris)*. Bappenas, 2000.
- [2] D. P. K. Batu, "Laporan Tahunan Dinas Pertanian Kota Batu," Batu, Malang, 2004.
- [3] Sabari and M. Darjono, *Penelitian Produksi Dan Kualitas Buah Dari Tiga Tingkat Usaha Tani Apel Varietas Rome Beauty Batu, Malang*, V. Batu, Malang: Bulletin Penelitian Hortikultural, 1977.
- [4] H. R. Saputra, Firdaus, and Derisma, "Menentukan Kematangan Buah Manggis Menggunakan Metode Summary Squared Error ( SSE ) yang Diaplikasikan pada Belt Conveyor Pemisah Buah," *POLI REKAYASA*, vol. 9, no. 2, 2014.
- [5] R. Rachmat, R. Mardiyanto, and F. Budiman, "Pengolahan Citra untuk Mengukur Diameter Terkecil Kayu guna Mengatasi Rugi akibat Kesalahan

Pengukuran pada Industri Kayu,” *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 2, pp. 223–228, 2015.

[6] B. Achmad and K. Firdausy, *Pengolahan Citra Digital menggunakan Delphi*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2013.

[7] Y. P. Prayitno, Harianto, and M. C. Wibowo, “Rancang Bangun Aplikasi Pendeteksi Bentuk Dan Warna Benda Pada Mobile Robot Berbasis Webcam,” *JCONESJ. Control Netw. Syst.*, vol. 1, pp. 1–9, 2012.

[8] S. I. Syafi’i, R. T. Wahyuningrum, and A. Muntasa, “Segmentasi Obyek Pada Citra Digital Menggunakan Metode Otsu Thresholding,” *J. Inform.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–8, 2016.

[9] D. Putra, “Binerisasi Citra Tangan Dengan Metode Otsu,” *Teknologi Elektro*, vol. 3, no. 2, 2004.