

# **PENERAPAN REKAYASA MESIN SORTIR SEBAGAI PENENTU KEMATANGAN BUAH JERUK DAN TOMAT MERAH BERBASIS *IMAGE PROCESSING***

## ***IMPLEMENTATION OF SORTIR MACHINE ENGINEERING AS DETERMINATION OF MATURITY OF ORANGE AND RED TOMATO BASED ON IMAGE PROCESSING***

**Ridwan Siskandar<sup>1✉</sup>, Noer. A. Indrawan<sup>1</sup>, Billi Rifa Kusumah<sup>2</sup>, Sesar Husen Santosa<sup>3</sup>, Irmansyah<sup>4</sup>, Irzaman<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Komputer, Sekolah Vokasi IPB

<sup>2</sup>Fakultas Teknologi Kelautan dan Perikanan, Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

<sup>3</sup>Program Studi Manajemen Industri, Sekolah Vokasi IPB

<sup>4</sup>Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

✉Komunikasi Penulis, email: [ridwansiskandar@apps.ipb.ac.id](mailto:ridwansiskandar@apps.ipb.ac.id)

DOI:<http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv9i3.222-236>

Naskah ini diterima pada 11 September 2020; revisi pada 24 Agustus 2020; disetujui untuk dipublikasikan pada 8 September 2020

### **ABSTRACT**

*The embedded systems in the industrial, especially image processing, is increasingly leading to the study of production automation systems such as fruit sorting. Post-harvest sorting system implemented by the industry is manual, so it's not effective. The solution was to conduct research aimed at modifying post-harvest sorting tools by engineering tomato and orange sorting machines based on their color. The method uses image processing. It's the most efficient alternative in terms of cost and complexity of hardware design, does not require many sensors, but produces an accurate output. The camera is placed on the mechanical sorting machine system, taking images to determine the sorting execution after the fruit color type are recognized. The results of the research were carried out through several tests, namely: light intensity, color image data, and organoleptics. Light intensity test showed that the position of the tool had a value of 0.78% of the outside light disturbance. Color image shows the range of ripeness values (R/G) for raw tomatoes  $0 \leq 1.04$ ; halfripe tomatoes  $1.04 \leq 1.39$ ; ripe tomatoes  $1.39 \leq 3.59$ ; raw orange  $0 \leq 0.92$ ; undercooked oranges  $0.92 \leq 0.98$ ; and ripe oranges  $0.98 \leq 1.66$ . Organoleptic test from five observers had the same results as the reading on the fruit sorting tool.*

**Keywords : engineering, fruit maturity, oranges, sorting machines, tomatoes**

### **ABSTRAK**

Bidang sistem tertanam di dunia industri khususnya *image processing* semakin mengarah kepada kajian sistem kendali otomasi produksi seperti sistem penyortiran buah-buahan. Sistem sortasi pascapanen yang dilakukan industri masih manual, sehingga tidak efektif. Sebagai solusi, dilakukan suatu penelitian yang bertujuan memodifikasi alat sortasi pascapanen dengan merekayasa mesin otomatisasi untuk menyortir tomat dan jeruk berdasarkan beda warna. Metode dan realisasi dari mesin sortasi otomatis ini menggunakan fitur *image processing*. Fitur ini merupakan alternatif yang paling efisien dari sisi biaya dan kompleksitas perancangan *hardware*, tidak membutuhkan banyak sensor, tetapi menghasilkan output yang akurat. Kamera diletakkan pada sistem mekanik mesin sortir, mengambil sebuah citra gambar untuk menentukan eksekusi penyortiran setelah jenis warna buah dikenali. Hasil penelitian dilakukan melalui beberapa pengujian, yaitu: intensitas cahaya, data citra warna, organoleptik, dan integrasi alat. Pengujian intensitas cahaya menunjukkan bahwa posisi alat memiliki nilai 0,78% dari gangguan cahaya luar. Citra warna menunjukkan range nilai kematangan (R/G) untuk tomat mentah  $0 \leq 1,04$ ; tomat setengah matang  $1,04 \leq 1,39$ ; tomat matang  $1,39 \leq 3,59$ ; jeruk mentah  $0 \leq 0,92$ ; jeruk setengah matang  $0,92 \leq 0,98$ ; dan jeruk matang  $0,98 \leq 1,66$ . Pengujian organoleptik dari lima pengamat memiliki hasil yang sama dengan hasil pembacaan pada alat sortasi buah.

**Kata kunci: jeruk, kematangan buah, mesin sortir, rekayasa, tomat**

## I. PENDAHULUAN

Penelitian di bidang ilmu teknologi informasi dan sistem tertanam (*embedded system*), khususnya tentang topik otomatisasi sortasi buah dan barang berbasis sensor dan pencitraan yang terintegrasi mikrokontroler sangat menarik untuk ditinjau, seperti yang dilakukan peneliti sebelumnya ((Arbye and Setiyono 2014; Arif Aquri Saputra, R.Rumani M., Casisetianingsih 2017; Arjenaki, Moghaddam, and Motlagh 2013; Azis dan Rivai 2018; Carvalho dkk. 2020; Comand and Doria 2020; Distya 2008; Haris, Abdul, Dine Tiara Kusuma 2018; Ibrahim et al. 2016; Irfan and Tajalli 2020; Kaur, Girdhar, and Gill 2018; Mahardhian Dwi Putra, Ajeng Setiawati, and Sumarjan 2018; Pavithra, Pounroja, and Bama 2015; Pramanta, Susilo, and Fahmi 2017; Rewards 2020; Rinaldo and Chozin 2016; Sahara dkk. 2019; Sari dkk. 2019; Setiarto dkk. 2020; Setiawan dkk. 2020; Suhandy n.d.; Sukasih and Setyadjit 2019; X-yogyakarta and Mainurin 2014; Yultrisna and Syofian 2016), Irfan dkk 2020, Setiarto dkk 2020, Sari dkk 2019, Pavithra dkk 2015).

Kemajuan bidang sistem tertanam (*embedded system*) di dunia industri semakin mengarah kepada kajian sistem kendali dan otomatisasi produksi. Salah satu bagian terpenting pada produksi adalah sistem penyortiran barang seperti penyortiran pada buah-buahan dan sayur-sayuran (Arbye and Setiyono 2014)). Buah dan sayuran merupakan komoditas pertanian Indonesia saat ini. Jeruk dan tomat merupakan sebagian buah-buahan yang sudah menjadi kebutuhan pokok penunjang pangan di Indonesia yang mempunyai nilai ekonomi tinggi (Arif Aquri Saputra, R.Rumani M., Casisetianingsih 2017). Hal ini menuntut tersedianya buah-buahan yang berkualitas baik dan mutu buah yang seragam. Untuk menjaga kualitas jeruk dan tomat, selain proses pembudidayaan yang baik juga diperlukan perlakuan pascapanen yang baik pula (Yultrisna and Syofian 2016)2016). Salah satu cara untuk meningkatkan nilai ekonomis pascapanen jeruk dan tomat adalah dengan melakukan sortasi. Proses sortasi bertujuan untuk menentukan klasifikasi komoditas berdasarkan mutu yang sejenis (Pramanta, Susilo, dan Fahmi 2017)).

Pada umumnya, perlakuan pascapanen, seperti sistem sortasi yang dilakukan kebanyakan industri masih dilakukan secara manual oleh tenaga manusia. Kerugian jika menggunakan sistem manual antara lain: memerlukan biaya upah untuk tenaga para pekerja, menggunakan sistem *shift* karena keterbatasan tenaga pekerja, rentan terjadi *human error* karena penilaian tenaga pekerja yang masih bersifat subjektif.

Perkembangan metode pengolahan citra telah banyak digunakan dalam bidang pertanian, khususnya dalam proses sortasi dan *grading* hasil pertanian. Pengolahan citra dilakukan dengan memasukkan algoritma yang disusun berdasarkan parameter yang digunakan dan melakukan pengolahan pada satu citra ke citra lainnya. Pengembangan metode tersebut dapat mempermudah pemilihan ukuran buah dengan waktu yang lebih singkat jika dibandingkan dengan pengamatan secara langsung dengan peralatan sederhana. Sejalan dengan perkembangan ilmu teknologi informasi dan sistem tertanam, proses sortasi banyak dikembangkan dengan sistem otomatis dengan menggunakan perangkat elektronik dan mekanik untuk keefektifan dalam penggunaan, serta keakuratan hasil yang diperoleh (Yultrisna dan Syofian 2016).

Proses sortasi memungkinkan identifikasi buah berdasarkan ciri warna dengan bantuan komputer (Arbye dan Setiyono 2014; Haris, Abdul, Dine Tiara Kusuma 2018; Mahardhian Dwi Putra, Ajeng Setiawati, and Sumarjan 2018; Pramanta, Susilo, and Fahmi 2017; Suhandy n.d.)). Prinsipnya dilakukan dengan pengamatan visual secara tidak langsung dengan menggunakan kamera sebagai pengolah citra dari gambar warna kematangan yang diolah dengan menggunakan Mikrokomputer.

Peneliti sebelumnya telah berhasil mengembangkan penerapan otomatisasi sensor pada sistem sortasi buah atau barang dalam kehidupan sehari-hari di semua bidang disiplin, diantaranya: (Yultrisna dan Syofian 2016) dalam penelitiannya berhasil membuat sistem perancangan alat sortasi otomatis untuk buah tomat menggunakan aplikasi *image processing*. Sistem ini terdiri dari satu buah kamera, satu buah PC, satu buah mikrokontroler, satu motor

penggerak konveyor dan satu motor servo. Kelebihan dari alat ini adalah menghasilkan alat yang mampu membaca akurasi keberhasilan pengulangan pengukuran sebesar 70%, mampu mengelompokkan ukuran buah sebesar 100%, mampu membaca ketepatan membaca warna sebesar 95%. Kelemahan dari alat ini adalah hanya mampu mendeteksi buah tomat, terdapat kesalahan pada pengujian yang diakibatkan oleh faktor pencahayaan yang kurang baik, seting nilai *threshold* yang tidak tepat sehingga berdampak kepada tidak meratanya warna buah tomat.

Selanjutnya (Mahardhian Dwi Putra, Ajeng Setiawati, dan Sumarjan 2018) telah berhasil mengembangkan suatu rancangan sistem sortasi kematangan buah semi otomatis berbasis arduino. Sistem ini terdiri dari satu buah mikrokontroler, satu buah sensor warna TCS 3200, satu buah LCD dan satu buah motor servo. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh (Yultrisna dan Syofian 2016) adalah dari penggunaan sensor TCS 3200 yang digunakan sebagai sensor pendeteksi kematangan buah. Kelemahan dari alat ini adalah masih membutuhkan bantuan dari manusia untuk proses selanjutnya karena belum adanya konveyor.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kelemahan dalam penelitian peneliti sebelumnya (Mahardhian Dwi Putra, Ajeng Setiawati, dan Sumarjan 2018; Yultrisna dan Syofian 2016), maka pada penelitian ini penulis melakukan pengembangan prototype dan integrasi dari berbagai referensi penelitian yang telah dilakukan dengan tujuan memodifikasi dan melakukan pengujian alat sortasi. Sebuah gagasan untuk merekayasa sebuah mesin otomatisasi untuk menyortir buah tomat dan jeruk berdasarkan beda warna yang diproses menggunakan sensor kamera. Realisasi dari mesin sortasi otomatis ini menggunakan fitur *image processing*. Penentuan pemanfaatan fitur tersebut adalah salah satu alternatif yang paling efisien dari sisi biaya perancangan dan kompleksitas perancangan *hardware*. Metode ini tidak membutuhkan banyak sensor, namun menghasilkan output yang akurat. Kamera yang diletakan pada sistem mekanik mesin sortir kemudian mengambil sebuah citra gambar untuk

menentukan proses eksekusi penyortiran setelah jenis warna buah dikenali. Alat ini juga dapat menyelesaikan permasalahan faktor pencahayaan yang kurang baik karena seting nilai *threshold* telah dilakukan secara otomatis sehingga tidak berdampak kepada pembacaan warna buah.

## II. BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hardware Program Studi Teknik Komputer Sekolah Vokasi IPB pada bulan November 2019-Februari 2020. Alat dan bahan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

### 2.1. Perancangan Alat

Perancangan alat terdiri dari tahap desain, tahap implementasi dan tahap pengujian. Tahap desain adalah proses perencanaan dan *problem solving* untuk mendapatkan sebuah solusi dari permasalahan yang ada. Desain meliputi perancangan blok diagram, perancangan diagram alir, perancangan rangkaian elektronika (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*) dan perancangan mekanik alat.

#### 2.1.1. Perancangan Blok Diagram

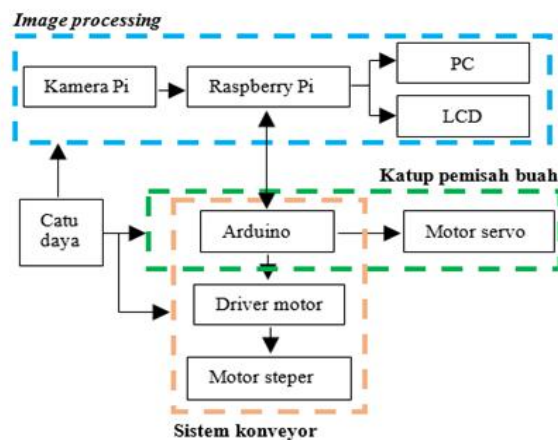
Gambar 1 menjelaskan fungsi operasi dari *prototype* alat. Prinsip kerjanya, kamera menangkap citra kulit buah yang telah disiapkan, kemudian nilai R/G pada hasil gambar citra buah dikirim ke raspberry Pi. Setelah itu data tersebut diolah Raspberry Pi, dimana hasil mentah atau matang ditampilkan pada layar LCD 3.5". Disaat yang bersamaan, raspberry Pi mengirimkan data ke arduino, dimana arduino mendapatkan data berupa mentah, setengah matang atau matang. Disaat bersamaan juga arduino mengirim data ke driver TB6560 agar *conveyor* berjalan. Selanjutnya arduino mengeksekusi program yang telah dibuat yaitu jika buah mentah maka servo tidak akan menutup, sedangkan jika buah setengah matang atau matang maka servo menutup (lebih jelasnya diilustrasikan pada Gambar 4). Dengan demikian, buah mentah, setengah matang atau matang dapat tersortir secara otomatis.

#### 2.1.2. Perancangan Diagram Alir

Gambar 2 menunjukkan diagram alir proses *image processing* menggunakan *raspberry Pi*

Tabel 1. Kebutuhan Alat dan Bahan

| Bahan dan Alat       | Fungsi                         | Volume |
|----------------------|--------------------------------|--------|
| Raspberry Pi 3       | Mengolah data                  | 1 buah |
| Arduino Mega         | Kontrol <i>conveyor</i>        | 1 buah |
| Servo sg90           | Penggerak pemisah barang       | 1 buah |
| Stepper Nema23       | Penggerak alas <i>conveyor</i> | 1 buah |
| Driver TB6560        | Penggerak stepper              | 1 buah |
| Bearing 8 mm         | Penggerak besi poros           | 8 buah |
| Bracket bearing 8 mm | Penahan bearing                | 8 buah |
| Kayu 4 m             | Bahan prototype alat           | 1 btng |
| Triplek 4 mm         | Bahan prototype alat           | 1 lmbr |
| Camera Pi Rev 1.3    | Mengambil gambar/ citra        | 1 buah |
| LCD 3.5"             | Menampilkan data               | 1 buah |
| Led                  | Sumber cahaya                  | 4 buah |
| Potensiometer        | Mengatur intensitas cahaya     | 1 buah |
| Adaptor/ baterai     | Daya                           | 1 buah |



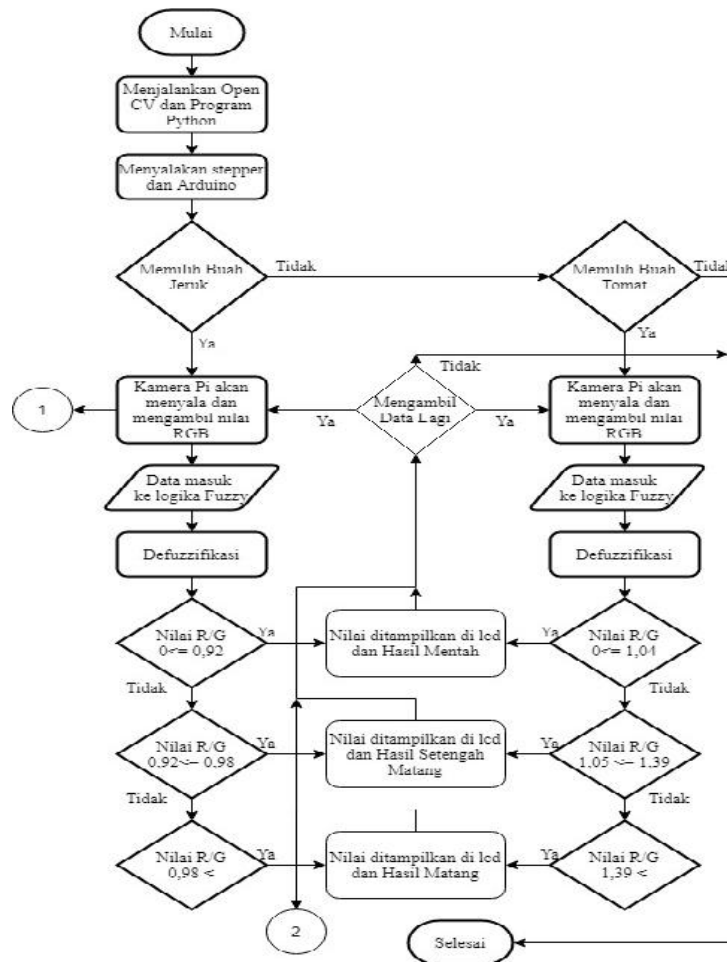
Gambar 1. Perancangan Blok Diagram Alat

dan *conveyor*. Saat *raspberry* Pi dinyalakan, maka pertama kali sistem menjalankan program Open CV dan program *python* terlebih dahulu. Selanjutnya muncul tampilan jendela, dimana *user* harus memilih salah satu buah (jeruk atau tomat). Selesai memilih salah satu buah, maka kamera Pi menyala. Saat buah diletakan di *conveyor*, maka kamera Pi mengambil gambar citra buah tersebut, kemudian nilai RGB dari citra tersebut di masukkan ke dalam logika fuzzy (logika fuzzy digunakan sebagai penentuan buah mentah, setengah matang atau matang). Nilai yang digunakan untuk penentuan kematangan buah adalah nilai *Red* atau *Green* (R/G), kemudian hasil *Red* atau *Green* (R/G) tersebut ditampilkan di LCD 3.5".

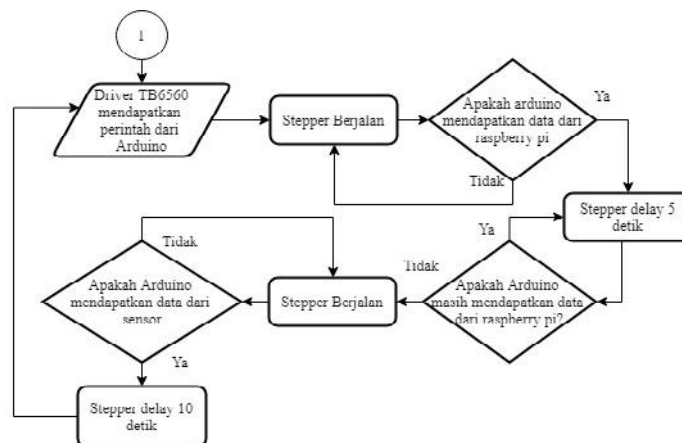
Gambar 3 menunjukkan diagram alir proses berjalannya *conveyor*. Saat driver TB6560 dan arduino dinyalakan, maka *stepper* otomatis berjalan terus menerus ke arah kanan. Tepat ketika "apakah arduino mendapatkan data dari *raspberry* Pi?" jika "tidak" maka *stepper* berjalan

normal ke arah kanan, jika "ya" maka *stepper delay* selama 5 detik. Jika arduino masih mendapatkan data dari *raspberry* Pi, maka *stepper* terus menerus mendapatkan *delay* selama 5 detik hingga data yang didapatkan selesai. Selanjutnya *stepper* berjalan normal ke arah kanan. Namun, jika sensor telah membaca buah yang lewat, maka sensor mengirim data ke arduino, sehingga *stepper* akan *delay* kembali selama 10 detik. Kemudian kembali ke perintah awal. Jika "tidak" *stepper* tetap berjalan normal ke arah kanan.

Gambar 4 menunjukkan diagram alir lanjutan, yaitu diagram alir raspberry Pi ke arduino (pin servo dan pin sensor). Ketika *raspberry* Pi mengirimkan data ke arduino, maka arduino akan membaca terlebih dahulu "apakah buah ini mentah?" jika "ya" maka servo tidak akan menutup ke arah kanan, sedangkan jika "tidak", maka arduino akan loncat ke perintah selanjutnya yaitu "apakah matang atau setengah matang?" jika "ya", maka servo akan bergerak



Gambar 2. Diagram Alir Metode *Image Processing* Menggunakan Raspberry Pi dan Conveyor



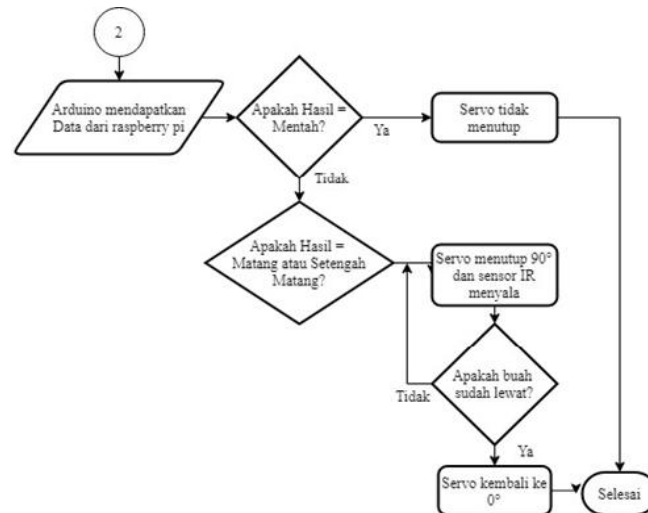
Gambar 3. Diagram Alir *Raspberry Pi* ke Arduino

90° (ke arah kanan) dan sensor IR akan menyala, kemudian jika buah sudah melewati sensor maka servo akan kembali ke 0° (ke arah kiri).

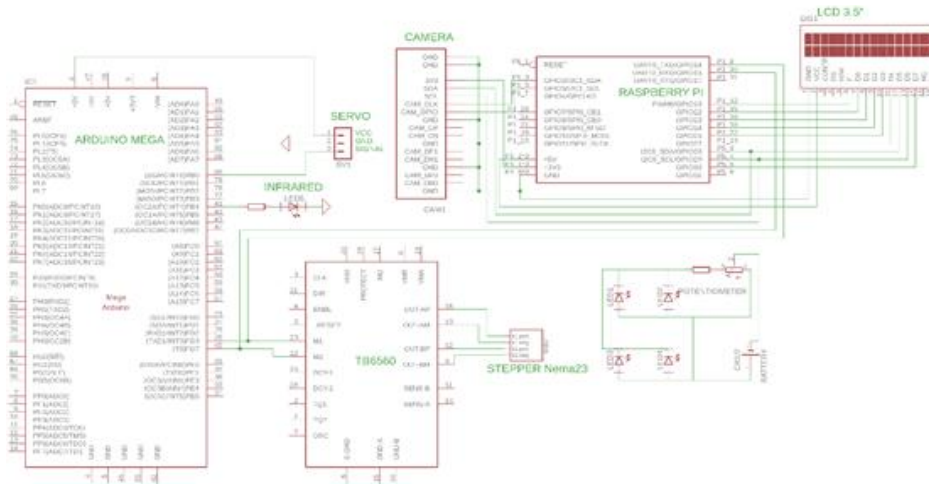
### 2.2.3. Perancangan Rangkaian Elektronik (Hardware)

Perancangan rangkaian elektronik (*hardware*) ditunjukkan pada Gambar 5. Gambar 5

menjelaskan bahwa dalam merancang suatu rangkaian elektronika (*hardware*) dibutuhkan tiga bagian komponen, yaitu: komponen input (kamera *raspberry Pi*, infrared, potensiometer dan baterai), komponen proses (*raspberry Pi* dan arduino mega) dan komponen output (LED, LCD, *stepper* Nema23 dan servo).



Gambar 4. Diagram Alir Raspberry Pi ke Arduino (Pin Servo dan Pin Sensor)



Gambar 5. Perancangan Rangkaian Elektronika (Hardware)

#### 2.1.4. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

##### a. Program python

Pembuatan Program *python* dilakukan pada perangkat lunak Notepad++. Logika *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 6a. Defuzzifikasi ditunjukkan pada Gambar 6b. Penentuan buah "matang", "setengah matang" atau "mentah" ditunjukkan pada Gambar 7.

##### b. Program arduino mega

Pembuatan kode program arduino dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak arduino IDE. Gambar 8a menunjukkan program inialisasi *library* (*servo* dan *stepper*) dan inialisasi pin-pin arduino yang digunakan. Gambar 8b menunjukkan penulisan kode program untuk mengatur kecepatan *stepper* dan pin yang digunakan untuk komunikasi pada servo.

Gambar 9 menunjukkan program fungsi `loop()`. Program tersebut diawali dengan membaca "Serialread" yang telah diinisialisasi menjadi angka, dimana "Serialread" ini membaca inputan data yang telah dikirimkan oleh *raspberry* Pi. Jika *raspberry* Pi mengirim angka 1 maka servo agar bergerak 90° dan di serial println arduino akan bertuliskan ("buah matang, servo turun"), selanjutnya program akan loncat ke bagian `if(statusmatang == low)` dimana jika sensor telah mendeteksi buah sudah lewat maka servo akan kembali ke 0°. Jika *raspberry* Pi mengirim angka 2, maka proses yang terjadi akan sama seperti saat *raspberry* Pi mengirimkan angka 1, hanya tulisan println saja yang berubah yaitu (" buah setengah matang, servo turun"). Jika *raspberry* Pi mengirim angka 3 yang terjadi adalah: servo tidak turun dan tetap dalam posisi 0°, sedangkan LCD akan menampilkan tulisan ("buah mentah, servo diam").

```

ur1=0; ur2=0; ur3=0; ug1=0; ug2=0; ug3=0;
R1=0; R2=0; R3=0; R4=0; R5=0; R6=0; R7=0;
x1=0; x2=0; x3=0; x4=0; x5=0; x6=0; x7=0;

if (xr<=40.77): ur1=1
elif (40.77<xr<43.33): ur1=(43.33-xr)/2.56
else: ur1=0
if (42.05<xr<=43.97): ur2=(xr-42.05)/1.92
elif (43.97<xr<=45.89): ur2=(43.97-xr)/1.92
else: ur2=0
if (xr<=44.61): ur3=0
elif (44.61<xr<47.17): ur3=(xr-44.61)/2.56
else: ur3=1

if (xg<=43.53): ug1=1
elif (43.53<xg<45.79): ug1=(45.79-xg)/2.26
else: ug1=0
if (44.66<xg<=46.36): ug2=(xg-44.66)/1.69
elif (46.36<xg<=48.06): ug2=(46.36-xg)/1.69
else: ug2=0
if (xg<=46.93): ug3=0
elif (46.93<xg<49.19): ug3=(xg-46.93)/2.26
else: ug3=1

if ur1<=ug2: R1=ur1
else: R1=ug2
if ur1<=ug3: R2=ur1
else: R2=ug3
if ur2<=ug1: R3=ur2
else: R3=ug1
if ur2<=ug2: R4=ur2
else: R4=ug2

x1= 50-(R1*20)
x2= 50-(R2*20)
x3= (R3*20)+70
x4=(R4*20)+40
else: x4= 80-(R4*20)
x5= (R5*20)+40
x6= (R6*20)+70
x7= 80-(R7*20)

R=R1+R2+R3+R4+R5+R6
if (R==0): return 0
else:
    x=(x1*R1+x2*R2+x3*R3+x4*R4+x5*R5+x6*R6+x7*R7)/R
    #if x>100:x=100
    return x

```

a b

Gambar 6. Program (a) Logika Fuzzy dan (b) Defuzzifikasi

```

persen=calc(red,green)
if (persen<=45): stat='mentah'
elif (45<persen<=75): stat='setengah'
else: stat='matang'

```

Gambar 7. Program Penentuan Matang, Setengah Matang Atau Mentah

```

#include <Servo.h>
#include <Stepper.h>
Servo servol;
const int pinSensormatang = 3;
const int pinSensormentah = 4;

int statusmatang;
int statusmentah;
const int stepsPerRevolution = 7200;
int angka;
Stepper myStepper(stepsPerRevolution, 8, 9, 10, 11);

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    myStepper.setSpeed(160);
    servol.attach(5);
}

```

a b

Gambar 8. Program (a) Inisialisasi library dan Pin Arduino dan (b) Setup()

c. Program pengambilan data citra warna buah  
Tahap ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan data citra warna dari buah. Data diolah oleh *software* matlab. Untuk mengetahui nilai rata-rata RGB, hal pertama yang harus diketahui adalah nilai masing-masing dari R, G dan B pada foto. Selanjutnya nilai-nilai tersebut dibagi dengan jumlah pixel yang terdapat di foto. Lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 10a dan Gambar 10b. Gambar 10a menjelaskan proses cara pemanggilan foto yang akan digunakan pada matlab yang selanjutnya di *crop* sebesar 80 x 70 pixel. Hasil *crop* kemudian diolah dan diambil masing-masing nilai rata-rata RGB-nya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10b.

d. Perancangan Mekanik Alat  
Model *prototype* alat sortasi ditunjukkan pada Gambar 11. Terdapat 1 kotak untuk proses pengambilan foto yang dibuat dari triplex tebal 5 mm, dibentuk menjadi sebuah kotak yang mempunyai panjang = 25 cm, lebar = 18 cm dan tinggi = 15 cm; 1 alas bagian bawah yang dibuat dari triplex 5 mm dengan ukuran panjang = 72 cm dan lebar = 26 cm; 1 palang kayu yang terbuat dari besi yang memiliki diameter = 1.5 mm, panjang = 30 cm dan lebar = 5 cm; dan 4 jenis ukuran kayu yang digunakan, yaitu: kayu 1 mempunyai panjang = 8 cm, lebar = 4 cm dan tinggi = 3 cm, kayu 2 mempunyai panjang = 15 cm, lebar = 4 cm dan tinggi = 3 cm, kayu 3

```

void loop(){
  statusmatang = digitalRead(pinSensormatang);
  statusmentah = digitalRead(pinSensormentah);
  myStepper.step(stepsPerRevolution);
  if(Serial.available() > 0)
  {
    angka = Serial.read();
    if(angka == '1'){
      servol.write(90);
      Serial.println("buah matang, servo turun");
      delay(500);
    }
    if(angka == '2'){
      Serial.println("buah Setengah matang, servo turun");
      servol.write(90);
      delay(500);
    }
    if(angka == '3'){
      Serial.println("buah mentah, servo diam");
      delay(500);
    }
  }

  if(statusmatang == LOW){
    delay(1000);
    servol.write(0);
    Serial.println("servo matang kembali");
  }
}

```

Gambar 9. Program Looping

```

sumI = sum(sum(crp));
s = size(crp);
rata_ratal = sumI./(s(1)*s(2)*s(3));

img = imread('06.png');
rect = [30 90 80 70];
crp = imcrop(img, rect);
imgR = crp(:, :, 1);
imgG = crp(:, :, 2);
imgB = crp(:, :, 3);
[i1, j1] = size(imgR);

rata_rataR = rata_ratal(1);%r
rata_rataG = rata_ratal(2);%g
rata_rataB = rata_ratal(3);%b

rs = (rata_rataB+rata_rataG+rata_rataR);

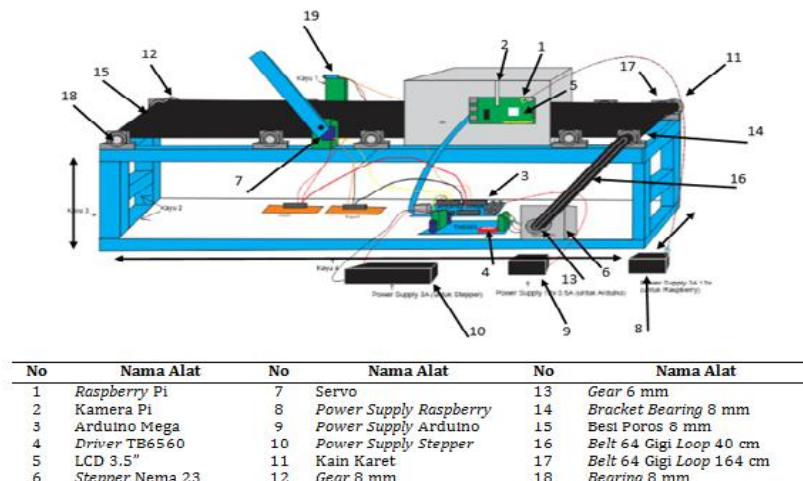
persenR = (rata_ratal(1)/rs)*100;
persenG = (rata_ratal(2)/rs)*100;
persenB = (rata_ratal(3)/rs)*100;

```

a

b

Gambar 10. Program Untuk (a) Memanggil Gambar yang Diolah pada Matlab dan (b) Menghitung Rata-Rata RGB pada Matlab

Gambar 11. Model *Prototype* Alat Sortasi

mempunyai panjang = 18 cm, lebar = 4 cm dan tinggi = 3 cm, kayu 4 mempunyai panjang = 80 cm, lebar = 4 cm dan tinggi = 3 cm. Lebih jelasnya, keterangan pada Gambar 12 ditunjukkan pada Tabel 2.

Pada tahapan implementasi, dilakukan penggabungan antara perangkat elektronika (hardware) dan perangkat lunak (software) yang diintegrasikan dengan mekanik alat. Setelah semuanya terintegrasi, kemudian dilakukan

tahapan pengujian. Tahapan pengujian dilakukan untuk mengetahui kesesuaian alat yang dibuat dengan tujuan pembuatan alat. Pengujian pada alat meliputi: pengujian intensitas cahaya, pengujian fungsi masing-masing komponen alat sortasi, pengujian dalam pengambilan data citra warna dan pengujian alat sortasi secara keseluruhan.

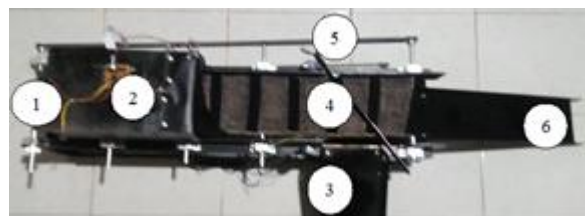
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Intensitas Cahaya

Pengujian intensitas cahaya dilakukan pada 6 posisi. Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi "*Light Meter*" yang terdapat pada *GoogleStore*. Posisi pengujian intensitas cahaya pada alat ditunjukkan pada Gambar 12. Nilai

intensitas hasil pengujian dari setiap posisi ditunjukkan pada Tabel 2.

Nilai intensitas pada Tabel 2 adalah nilai intensitas yang digunakan sebagai nilai kalibrasi intensitas untuk penempatan alat sortasi. Penempatan posisi alat sortasi mempengaruhi kinerja dari alat sortasi tersebut untuk menentukan hasil pembacaan dan penerimaan data. Sehingga posisi penempatan alat sortasi harus diperhatikan agar tidak ada kesalahan pada sensor dan kamera dalam melakukan pembacaan data. Tabel 2 menunjukkan bahwa posisi penempatan alat sortasi terbaik ditunjukkan pada posisi nomor 2 karena memiliki nilai persentasi intensitas cahaya luar yang terbaca sangat kecil, yaitu 0,78%.



Gambar 12. Titik Pengujian Intensitas Cahaya

Tabel 2. Pengujian Intensitas Cahaya

| Posisi Pengujian | Nilai Intensitas (lux) | Intensitas cahaya luar yang terbaca (%) |
|------------------|------------------------|-----------------------------------------|
| 1                | 2-5                    | 1,37                                    |
| 2                | 1-3                    | 0,78                                    |
| 3                | 53-55                  | 21,18                                   |
| 4                | 130-132                | 51,37                                   |
| 5                | 102-104                | 40,39                                   |
| 6                | 107-110                | 42,55                                   |

Table 3. Pengujian Fungsi Alat Sortasi

| No | Nama Alat                 | Status | Keterangan                                                                                                           |
|----|---------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Raspberry Pi              | Baik   | Berjalan dengan baik, dapat memunculkan <i>interface raspberry</i>                                                   |
| 2  | Kamera                    | Baik   | Berjalan dengan baik, indikator lampu menyala, dan mengambil gambar tanpa ada masalah                                |
| 3  | Arduino Mega              | Baik   | Berjalan dengan baik, dapat menerima perintah dari <i>raspberry</i> dan menjalankan servo, <i>stepper</i> dan sensor |
| 4  | Driver TB6560             | Baik   | Berjalan dengan baik, dapat menjalankan <i>stepper</i> dan menerima perintah dari arduino                            |
| 5  | LCD 3.5"                  | Baik   | Berjalan dengan baik dapat memunculkan tampilan <i>interface</i>                                                     |
| 6  | Stepper Nema 23           | Baik   | Berjalan dengan baik, dapat berputar sesuai dengan program yang dibuat                                               |
| 7  | Servo                     | Baik   | Berjalan dengan baik, dapat berfungsi sesuai dengan program yang dibuat                                              |
| 8  | Power supply raspberry Pi | Baik   | Berjalan dengan baik, dapat memberikan aliran listrik dengan baik                                                    |
| 9  | Power supply arduino      | Baik   | Berjalan dengan baik, dapat memberikan aliran listrik dengan baik                                                    |
| 10 | Power supply stepper      | Baik   | Berjalan dengan baik, dapat memberikan aliran listrik dengan baik                                                    |
| 11 | Kain karet                | Baik   | Berjalan dengan baik                                                                                                 |
| 12 | Gear 8 mm                 | Baik   | Berjalan dengan baik                                                                                                 |
| 13 | Gear 6 mm                 | Baik   | Berjalan dengan baik                                                                                                 |
| 14 | Bracket bearing 8 mm      | Baik   | Berjalan dengan baik                                                                                                 |
| 15 | Besi poros 8 mm           | Baik   | Berjalan dengan baik                                                                                                 |
| 16 | Belt 64 gigi loop 40 cm   | Baik   | Berjalan dengan baik, berputar tanpa ada masalah                                                                     |
| 17 | Belt 64 gigi loop 164 cm  | Baik   | Berjalan dengan baik, berputar tanpa ada masalah                                                                     |
| 18 | Bearing 8 mm              | Baik   | Berjalan dengan baik                                                                                                 |

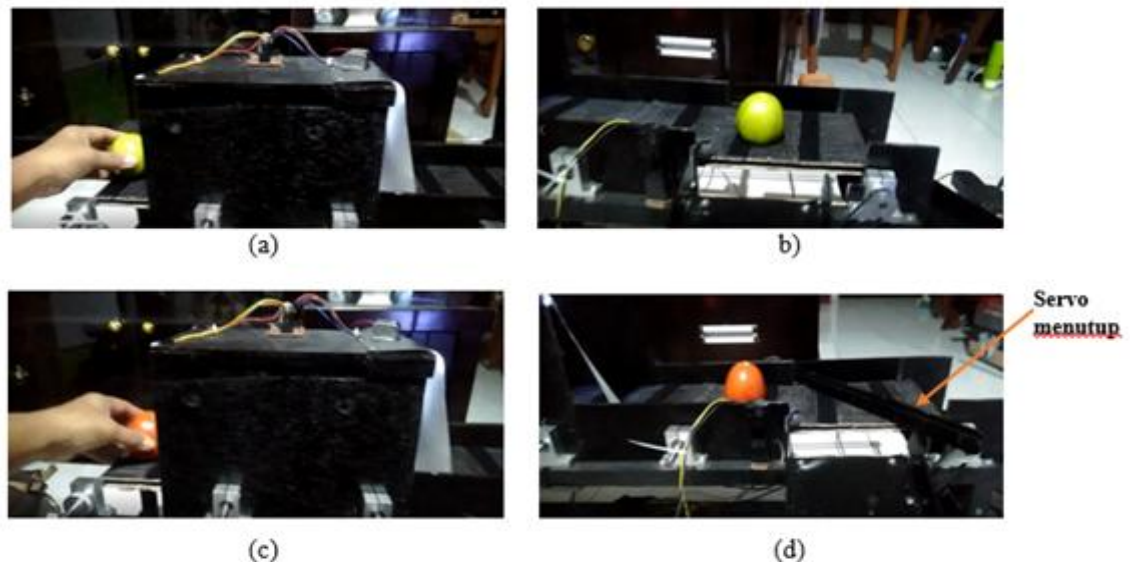
### 3.2. Pengujian Fungsi Alat Sortasi

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan alat berfungsi dengan baik sesuai atau tidak nya. Hasil pengujian fungsi alat sortir ditunjukkan pada Tabel 3. Gambar 13 menunjukkan prototype alat sortir buah saat bekerja. Gambar 13a dan 13c menunjukkan kondisi buah yang dimasukan ke dalam box pembacaan nilai kematangan buah. Hasil pembacaan nilai kematangan (nilai R/G) pada alat sortasi juga mempunyai integrasi yang baik dengan servo, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13b yaitu servo tidak terbuka dan 13d yaitu servo tertutup.

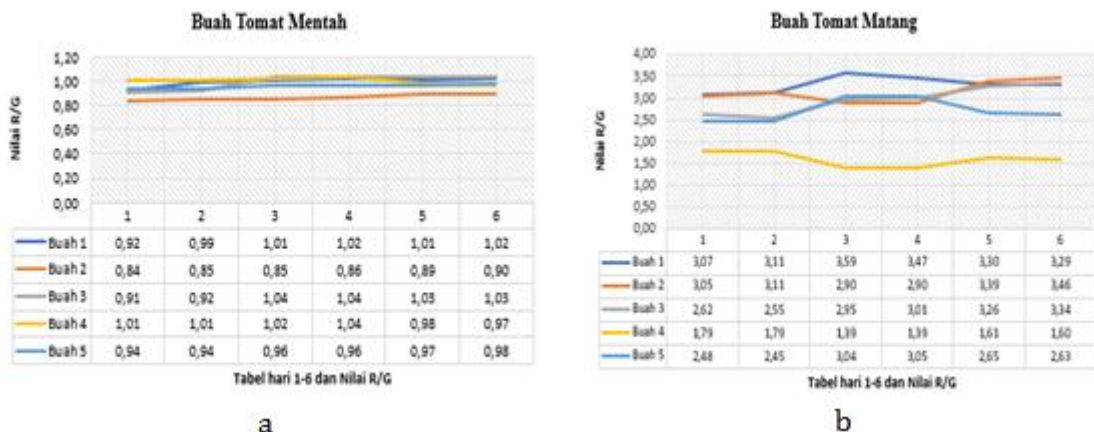
### 3.3. Pengambilan Data Citra Warna Buah Tomat dan Jeruk

Pengambilan data citra warna dari masing-masing buah untuk mengetahui nilai maksimum

R/G pada buah “mentah” atau “matang” dilakukan selama 6 hari. Pengambilan data dilakukan pada 5 buah tomat dan 4 buah jeruk. Hasil dari foto tersebut kemudian diolah pada *software* matlab. Untuk mengetahui nilai rata-rata RGB, hal pertama yang harus diketahui adalah nilai masing-masing dari R, G dan B pada foto, kemudian nilai-nilai tersebut akan dibagi dengan jumlah pixel yang terdapat difoto. Untuk mengetahui lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 10a. Gambar 10a menjelaskan bagaimana cara pemanggilan foto yang akan digunakan pada matlab yang selanjutnya di-*crop* sebesar 80 x 70 pixel. Hasil *crop* tersebut kemudian diolah dan diambil nilai rata-rata R, G dan B nya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10b. Ukuran foto yang digunakan berukuran 300 x 300 pixel. Setelah semua foto diambil nilai RGBnya, maka hasilnya



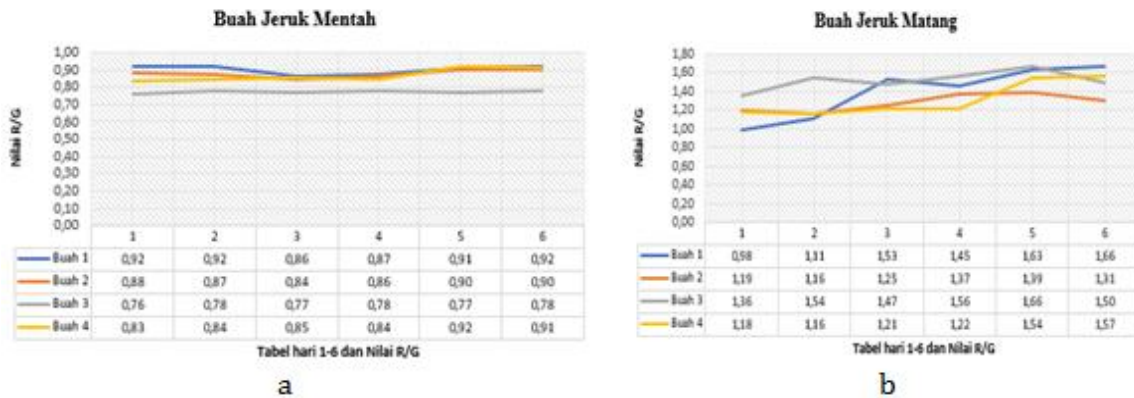
Gambar 13. Prototype Alat Sortir Buah Saat Bekerja



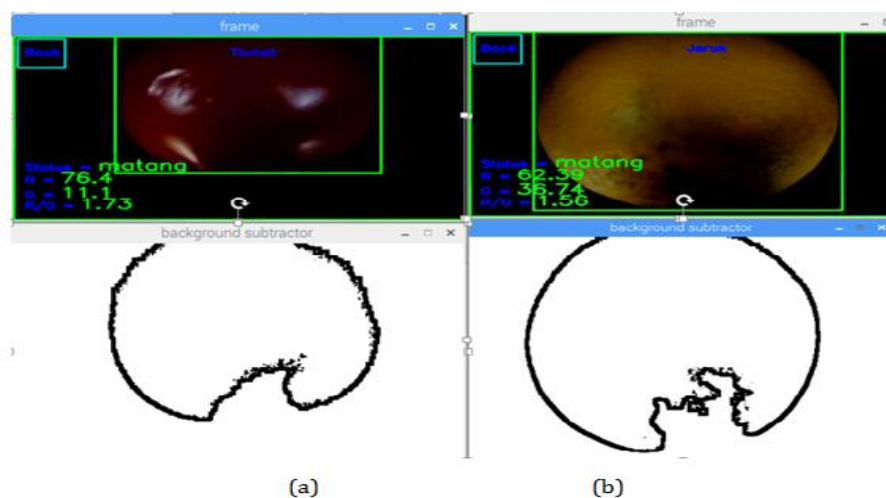
Gambar 14. Nilai Kematangan (r/g) Hasil Citra Buah Tomat (a) Mentah dan (b) Matang Selama 6 Hari

ditunjukkan pada Gambar 14a, 14b, 15a dan 15b. Sumbu y menyatakan nilai R/G, sedangkan sumbu x menyatakan jumlah hari yang digunakan dalam mengambil data. Hasil foto *subtractor* buah tomat dan buah jeruk ditunjukkan pada Gambar 16 dan Gambar 17.

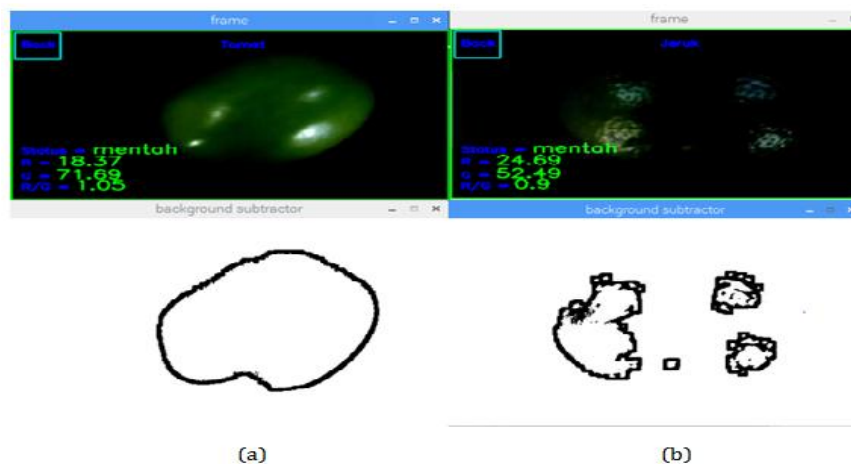
Dari hasil pengamatan selama 6 hari disimpulkan bahwa *range* untuk nilai buah mentah dan matang pada buah tomat yaitu  $0 \leq 1,04$  untuk mentah,  $1,04 \leq 1,39$  untuk setengah matang dan  $1,39 \leq 3,59$  untuk matang, sedangkan untuk *range* buah mentah dan matang pada buah jeruk yaitu



Gambar 15. Nilai Kematangan (r/g) Hasil Citra Buah Jeruk (a) Mentah dan (b) Matang Selama 6 Hari



Gambar 16. Foto *Subtractor* (a) Buah Tomat Matang dan (b) Buah Jeruk Matang



Gambar 17. Foto *Subtractor* (a) Buah Tomat Mentah dan (b) Buah Jeruk Mentah

$0 \leq 0,92$  untuk mentah,  $0,92 \leq 0,98$  untuk setengah matang dan  $0,98 \leq 1,66$  untuk matang. Input *range* penilaian untuk buah setengah matang diberikan dari kekosongan nilai antara pixel buah tidak matang dan tidak matang. Nilai-nilai tersebut (R/G) kemudian dimasukkan pada logika fuzzy agar alat sortasi dapat mengetahui buah mentah, setengah matang atau matang.

### 3.4. Pengujian Hasil Alat

Pengujian alat sortasi menggunakan 10 buah tomat (matang, setengah matang dan mentah) dan 10 buah jeruk (matang, setengah matang dan mentah) dengan masing-masing 3 kali pengulangan. Pengamatan pada buah dilakukan dengan uji organoleptik (5 orang pengamat yang tidak memiliki gangguan penglihatan: tidak buta



Gambar 18. Tampilan Fisik Buah Tomat (a) Matang dan Setengah Matang dan (b) Mentah



Gambar 19. Tampilan Fisik Buah Jeruk (a) Matang dan Setengah Matang dan (b) Mentah

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengamatan Organoleptik dan Pembacaan Alat Sortasi Pada Buah Tomat

| Tomat ke- | Ulangan ke- | Hasil Pengamatan Organoleptik |                 |                 |                 |                 | Hasil Pembacaan Alat | Kondisi Servo | Nilai R/G |
|-----------|-------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|---------------|-----------|
|           |             | Pengamat 1                    | Pengamat 2      | Pengamat 3      | Pengamat 4      | Pengamat 5      |                      |               |           |
| 1         | 1           | Setengah Matang               | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang      | Menutup       | 1,22      |
|           | 2           | Matang                        | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang      | Menutup       | 1,20      |
|           | 3           | Setengah Matang               | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang | Setengah Matang      | Menutup       | 1,22      |
| 2         | 1           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,45      |
|           | 2           | Matang                        | Setengah Matang | Matang          | Matang          | Setengah Matang | Matang               | Menutup       | 1,45      |
|           | 3           | Matang                        | Matang          | Matang          | Setengah Matang | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,45      |
| 3         | 1           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,47      |
|           | 2           | Setengah Matang               | Matang          | Matang          | Setengah Matang | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,46      |
|           | 3           | Matang                        | Matang          | Setengah Matang | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,46      |
| 4         | 1           | Setengah matang               | Setengah matang | Setengah matang | Matang          | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 1,24      |
|           | 2           | Matang                        | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang | Matang          | Setengah matang      | Menutup       | 1,24      |
|           | 3           | Setengah matang               | Setengah matang | Matang          | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 1,25      |
| 5         | 1           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,40      |
|           | 2           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,42      |
|           | 3           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,39      |
| 6         | 1           | Mentah                        | Setengah matang | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,89      |
|           | 2           | Setengah Matang               | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,89      |
|           | 3           | Mentah                        | Mentah          | Setengah Matang | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,89      |
| 7         | 1           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,45      |
|           | 2           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,47      |
|           | 3           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,45      |
| 8         | 1           | Setengah matang               | Matang          | Setengah matang | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,42      |
|           | 2           | Setengah matang               | Setengah matang | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,44      |
|           | 3           | Setengah matang               | Matang          | Matang          | Setengah matang | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,42      |
| 9         | 1           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,90      |
|           | 2           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,88      |
|           | 3           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,91      |
| 10        | 1           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,81      |
|           | 2           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,81      |
|           | 3           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,79      |

Tabel 5. Perbandingan Hasil Pengamatan Organoleptik dan Pembacaan Alat Sortasi Pada Buah Jeruk

| Jeruk ke- | Ulangan Ke- | Hasil Pengamatan Organoleptik |                 |                 |                 |                 | Hasil Pembacaan Alat | Kondisi Servo | Nilai R/G |
|-----------|-------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|---------------|-----------|
|           |             | Pengamat 1                    | Pengamat 2      | Pengamat 3      | Pengamat 4      | Pengamat 5      |                      |               |           |
| 1         | 1           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,60      |
|           | 2           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,60      |
|           | 3           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,60      |
| 2         | 1           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,82      |
|           | 2           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,83      |
|           | 3           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,81      |
| 3         | 1           | Mentah                        | Setengah matang | Mentah          | Setengah matang | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,84      |
|           | 2           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,82      |
|           | 3           | Setengah matang               | Mentah          | Setengah matang | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,82      |
| 4         | 1           | Setengah matang               | Setengah matang | Setengah matang | Matang          | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 0,93      |
|           | 2           | Setengah matang               | Matang          | Setengah matang | Setengah matang | Matang          | Setengah matang      | Menutup       | 0,93      |
|           | 3           | Matang                        | Setengah matang | Matang          | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 0,94      |
| 5         | 1           | Setengah matang               | Matang          | Setengah matang | Setengah matang | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,20      |
|           | 2           | Matang                        | Setengah matang | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,24      |
|           | 3           | Matang                        | Matang          | Matang          | Matang          | Setengah matang | Matang               | Menutup       | 1,22      |
| 6         | 1           | Setengah matang               | Setengah matang | Mentah          | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 0,95      |
|           | 2           | Setengah matang               | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 0,95      |
|           | 3           | Setengah matang               | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 0,95      |
| 7         | 1           | Matang                        | Matang          | Setengah matang | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,24      |
|           | 2           | Matang                        | Matang          | Matang          | Setengah matang | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,23      |
|           | 3           | Setengah matang               | Matang          | Matang          | Matang          | Matang          | Matang               | Menutup       | 1,24      |
| 8         | 1           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Setengah Mentah | Mentah               | Tidak         | 0,85      |
|           | 2           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Setengah matang | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,84      |
|           | 3           | Mentah                        | Setengah matang | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,84      |
| 9         | 1           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,83      |
|           | 2           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,83      |
|           | 3           | Mentah                        | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah          | Mentah               | Tidak         | 0,81      |
| 10        | 1           | Matang                        | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 0,93      |
|           | 2           | Setengah matang               | Setengah matang | Matang          | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang      | Menutup       | 0,95      |
|           | 3           | Matang                        | Setengah matang | Setengah matang | Setengah matang | Matang          | Setengah matang      | Menutup       | 0,95      |

warna dan tidak rabun jauh maupun rabun dekat) yang kemudian dibandingkan dengan pembacaan dari alat sortasi buah. Kedua hasil tersebut kemudian dibandingkan hasilnya, dengan tujuan mendapatkan nilai ketepatan dari alat sortasi buah. Perbandingan hasil pengamatan organoleptik dan pembacaan alat sortasi pada buah tomat dan buah jeruk ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Tampilan fisik buah tomat dan buah jeruk yang digunakan dalam pengamatan organoleptik dan pembacaan oleh alat sortasi buah ditunjukkan pada Gambar 18 dan Gambar 19.

Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil pengamatan yang dilakukan oleh 5 pengamat pada masing-masing buah tomat dan jeruk memiliki hasil yang sama dengan hasil pembacaan pada alat sortasi buah. Sehingga dapat disimpulkan alat sortasi yang dibuat sudah berhasil. Nilai R/G pada alat sortasi juga mempunyai integrasi yang baik dengan servo (sesuai dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 2). Hal ini menunjukkan tingkat keberhasilan alat dalam mensortir tingkat kematangan buah. Ketepatan alat sortasi tingkat

kematangan buah mencapai 100%. Nilai tersebut diperoleh dari rata-rata pengamat dalam menilai kematangan buah yang dibandingkan dengan pembacaan alat sortasi.

#### IV. KESIMPULAN

Proses integrasi beberapa hasil penelitian alat sortir buah sebelumnya membuat pengembangan mesin sortir penentu kematangan untuk dua jenis buah ini terlihat lebih baik dan efisien. Proses pengembangan prototipe mesin sortir penentu kematangan buah ini telah berhasil dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memodifikasi dan melakukan pengujian alat sortasi guna memudahkan proses perlakuan saat pascapanen. Fitur *image processing* berjalan sesuai harapan pengembangan, sistem kerja perangkat lunak dan perangkat keras bekerja sesuai kode program, proses membaca jenis warna pada buah dan proses mengeksekusi output luaran telah sesuai. Hasil pengujian data citra warna menunjukkan bahwa range nilai kematangan (R/G) hasil citra buah untuk buah tomat mentah adalah  $0 \leq 1,04$ ; tomat setengah

matang adalah  $1,04 \leq 1,39$ ; tomat matang adalah  $1,39 \leq 3,59$ ; jeruk mentah  $0 \leq 0,92$ ; jeruk setengah matang adalah  $0,92 \leq 0,98$ ; jeruk matang adalah  $0,98 \leq 1,66$ . Hasil organoleptik yang dilakukan oleh 5 pengamat pada masing-masing buah tomat dan jeruk memiliki hasil yang sama dengan hasil pembacaan pada alat sortasi buah. Sehingga dapat disimpulkan alat sortasi yang dibuat sudah berhasil dengan ketepatan 100%. Nikai R/G pada alat sortasi juga mempunyai integrasi yang baik dengan motor servo.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arbye, S. dan B. Setiyono. 2014. Pengendalian pada prototype konveyor pemisah barang berdasarkan warna menggunakan sensor dt-sense color dengan contoller atmega 16 dan plc omron cpm1-a. *Transmisi* 16(2):86-91.
- Arjenaki, O. O. , P. A. Moghaddam, dan A. M. Motlagh. 2013. Online tomato sorting based on shape, maturity, size, dan surface defects using machine vision. *Turkish J Agric* 37(1):62-68.
- Azis, D. Z. dan M. Rivai. 2018. Alat sortir biji kopi berbasis metode getaran menggunakan arduino due. *J. Tek. ITS*, 7(2).
- Bhavsar, K., V. Shah, dan S. Gopalan. 2020. Scrumbanfall/ : an agile integration of scrum dan kanban with waterfall in software engineering. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* (4):2075-2084.
- Carvalho, R. dkk. 2020. A uav-based framework for semi-automated thermographic inspection of belt conveyors in the mining industry. *sensors*. 20(8): 1-19
- Comdan, N. dan A. Doria. 2020. Dynamics of cylindrical parts for vibratory conveying. *Appl Sci* 10(6): xx
- Distya, Y. D. 2018. Sistem kontrol mesin egg grader berbasis berat menggunakan kontroler arduino mega 2560.
- Haris, R. N. P., Abdul, Dine Tiara Kusuma. 2018. Sistem penyortiran buah apel manalagi menggunakan sensor. *Jurnal PETIR* 11(1):92-95.
- Ibrahim, M. F., F. S. A. Sa'ad, A. Zakaria, dan A. Y. M. 2016. Shakaff. In-line sorting of harumanis mango based on external quality using visible imaging. *Sensors*. 16(11): xx
- Irfan, A. dan M. Tajalli. 2020. Rancang bangun dan uji kinerja mesin sortasi duku dengan kerucut berputar. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat* 7(1):84-93.
- Kaur, S., A. Girdhar, dan J. Gill. 2018. Computer vision-based tomato grading dan sorting. *Lect. Notes Networks Syst* 38:75-84
- Mahardhian Dwi Putra, G., D. Ajeng Setiawati, dan S. Sumarjan. 2018. Rancang bangun sistem sortasi kematangan buah semi otomatis berbasis arduino. *Jurnal Teknotan* 12(1):57-64.
- May, V. N. 2020. Payroll System Design With SDLC (System Development Life Cycle) Approac. *Jurnal Mantik*. 4(1):27-32.
- Pavithra, V., R. Pounroja, dan B. S. Bama. 2015. Machine vision based automatic sorting of cherry tomatoes. 2nd Int. Conf. Electron. Commun. Syst. ICECS. 2015, no. Icecs, pp. 271-275.
- Pramanta, F. D., L. W. Susilo, dan M. R. Fahmi. 2017. Sistem cerdas penyortir apel berdasarkan warna dan ukuran berbasis mikrokontroler arduino. *Prosiding SENTRINOV*. 2017. 3:216-224.
- Rewards, I. 2020. Sorting objects from a conveyor belt using POMDPs.
- Rinaldo, R., dan M. A. Chozin. 2019. Manajemen sortasi dan pemecahan buah kakao (*Theobroma cacao L.*) di Jawa Tengah. *Buletin Agrohorti* 4(2):210.
- Sahara, G., I. S. Nasution, Nasution, I. 2019. Pendugaan massa dan volume pada buah

- alpukat dan jeruk menggunakan pengolahan citra digital. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa (JIM) Pertanian* 4(3): 135–144.
- Saputra, U. T. A. A., R. Rumani, M. Casisetianingsih. 2017. Perancangan dan implementasi alat untuk penyortiran buah tomat (*Lycopersicum esculentum*) menggunakan mikrokomputer design. *e-Proceeding Eng* 4(3):4074–4082.
- Sari, N., M. Shiddiq, R. H. Fitra, dan N. Z. Yasmin. 2019. Ripeness classification of oil palm fresh fruit bunch using an optical probe. *J Aceh Phys. Soc.* 8(3):72–77.
- Setiarto, R. H. B., N. Agustin, R. Rahmawati, N. Widhyastuti, dan A. Husein Wawo. 2020. Formulation of red fruit paste (Pdananus conoideus Lamk) dan sweet potato flour mikmak (*Ipomea batatas L.*) for production of spicy red fruit sauce. *J Ilmu Pertan. Indones* 25(1):87–99.
- Setiawan, A. W., A. R. Andana, T. Biomedika, P. Magister, T. Elektro, dan P. Korespondensi. 2020. Pengembangan sistem penilaian kematangan tdanan buah segar kelapa sawit menggunakan citra 680 dan 750. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 7(2): 379.
- Suhandy, D. 2014. Studi penggunaan metode tidak merusak menggunakan vis- nir spectroscopy untuk penentuan warna daging buah jeruk merah ( *blood oranges fruit*). *TEKTAN* 6(2):83–89.
- Sukasih, E. dan S. Setyadjit. 2019. Teknologi penanganan buah segar stroberi untuk mempertahankan mutu. *J. Penelit. dan Pengemb. Pertan.* 38(1):47.
- X -yogyakarta, D. I. U. D. dan Mainurin, M. 2014. Pengelolaan panen dan pascapanen buah jeruk lemon. 1–5.
- Yultrisna dan Syofian, A. 2016. Rancang bangun alat sortasi otomatis untuk buah tomat. *Jurnal Tek. Elektro ITP* 5(2252):153–159.