

DOI: 10.29303/jrpb.v10i2.389
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

PENGEMBANGAN SISTEM PENDETEKSI MUTU BUAH TOMAT CHERRY BERDASARKAN WARNA MENGGUNAKAN SENSOR OPTIS TCS230

*Development of Cherry Tomato Quality Detection System
based on Color using TCS230 Optical Sensor*

I Dewa Made Subrata^{1,2*}, Achmad Zurhafidz Ramadhan¹, Agus Sutejo¹

¹Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University
Kampus IPB Dramaga, Jl. Raya Dramaga, Bogor 16002, Indonesia
²Pusat Pengembangan Ilmu Teknik untuk Pertanian Tropika (CREATA),
Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, IPB University
Gd. Fateta IPB Lt. 2, Kampus IPB Dramaga, Jl. Raya Dramaga, Bogor 16002

Email^{*}: dewamadesubrata.ipb@gmail.com

Diterima: Juni 2022

Disetujui: September 2022

ABSTRACT

Cherry tomatoes are one type of plant whose ripe fruit changes color from green to red. Cherry tomatoes are very popular among the public because it tastes sweet and sour. The cherry tomatoes grade is usually determined by color and is generally marketed in three grades, i.e., green, orange, and red tomatoes. This study aims to develop a cherry tomato fruit grade detecting unit based on color using an optical sensor TCS230. The cherry tomato detection system is designed using a conveyor belt fitted with a TCS230 optical sensor. The optimum conveyor speed test is carried out by moving the tomatoes placed on the conveyor starting at a speed of 0 cm/s to 60 cm/s. Furthermore, cherry tomatoes with three grades of quality were placed on the conveyor in a random order at a treatment distance between tomatoes of 3 cm, 5 cm, 7 cm and with the optimum conveyor speed from the results of the previous stages of testing. The test results showed that the optimum linear speed of continuous tomatoes motion during detection process was 30 cm/sec with a distance between tomatoes of 7 cm. The percentage of successful grade detection for red, orange, and green tomatoes, respectively, was 89%, 98%, and 100%. From the test results, it can be concluded that the developed grade detection system is working well, although it still needs to be improved to increase grade detection accuracy of the red and orange tomatoes.

Keywords: *cherry tomatoes; grading; TCS230 sensors; fruit color*

ABSTRAK

Tomat cherry adalah salah satu jenis tanaman yang kematangan buahnya mengalami perubahan warna dari warna hijau menjadi merah. Buah tomat cherry sangat digemari di kalangan masyarakat karena rasanya manis keasaman. Mutu buah tomat cherry ditentukan berdasarkan warna dan umumnya dipasarkan dalam tiga kelas mutu, yaitu tomat hijau, oranye, dan merah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pendeteksi mutu buah tomat cherry berdasarkan warna menggunakan sensor optis TCS230 dan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengolah informasi. Sistem pendeteksian tomat cherry dirancang menggunakan sabuk *conveyor* yang dipasang sensor optis TCS230. Pengujian kecepatan *conveyor* optimum dilakukan dengan menggerakkan tomat yang diletakkan di atas *conveyor* mulai kecepatan 0 cm/s sampai 60 cm/s. Buah tomat cherry dengan tiga tingkat mutu selanjutnya diletakkan di atas *conveyor* dengan urutan secara acak pada jarak perlakuan antar tomat sebesar 3 cm, 5 cm, 7 cm dan dengan kecepatan *conveyor* optimum hasil pengujian tahapan sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan kecepatan pergerakan tomat optimum pada saat pendeteksian adalah 30 cm/s dengan jarak antar tomat sebesar 7 cm. Persentase keberhasilan pendeteksian mutu untuk tomat warna merah, oranye, dan hijau secara berurutan adalah 89%, 98%, dan 100%. Data pengujian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa sistem pendeteksi mutu yang dikembangkan sudah bekerja dengan baik walaupun ketelitian pendeteksian mutunya masih perlu ditingkatkan untuk tomat merah dan oranye.

Kata kunci: buah tomat cherry; pemutuan; sensor TCS230; warna buah

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tomat cherry merupakan salah satu tanaman sayuran berbuah yang cukup digemari dan banyak dibudidayakan oleh masyarakat, baik pada lahan terbuka, maupun pada *greenhouse*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2019) menyatakan bahwa luas panen tanaman tomat di seluruh Indonesia dalam lima tahun terakhir tidak banyak mengalami perubahan. Tahun 2015 tercatat luas panen mencapai 54.544 Ha dan pada tahun 2019 mencapai 54.780 Ha. Namun, produksi buah tomat di seluruh Indonesia mengalami peningkatan dari 877.792 ton pada tahun 2015 meningkat menjadi 1.020.333 ton pada tahun 2019.

Susilawati (2019) menyatakan bahwa tomat cherry yang dibudidayakan secara hidroponik mampu memproduksi dua kali lipat dibandingkan budidaya pada lahan terbuka. Sistem budidaya hidroponik yang paling sesuai untuk tanaman tomat cherry adalah sistem fertigasi dengan pemberian unsur hara dilakukan melalui sistem irigasi. Buah tomat cherry sudah dapat dipanen mulai saat tanaman berumur dua sampai tiga bulan ditandai dengan warna buah kuning kemerahan atau tergantung permintaan pasar.

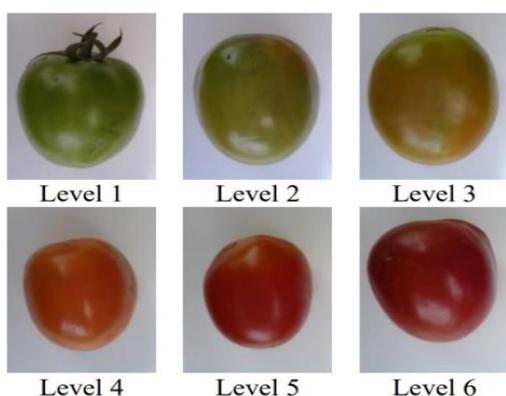
Nofriati (2018) menyatakan bahwa buah tomat sudah dapat dipanen pada saat

tanaman berumur 75 hari setelah penanaman bibit. Buah tomat yang dipasarkan jarak jauh dipanen pada saat berwarna masih hijau, yaitu sekitar 7 hari sebelum warna buah tomat menjadi merah. Buah tomat yang dipasarkan jarak dekat dipanen pada saat berwarna kekuningan, sedangkan untuk dikonsumsi langsung atau diolah buah tomat dipanen pada saat berwarna merah.

Buah tomat dipanen dalam beberapa tingkat mutu sesuai dengan permintaan pasar, sehingga perlu dilakukan pemisahan berdasarkan mutu sebelum dikemas. Kusumaningtyas & Asmara (2016) mengidentifikasi kematangan buah tomat berdasarkan warna ke dalam tiga tingkatan, yaitu tomat mentah berwarna hijau, tomat setengah matang berwarna kuning kemerahan, dan tomat matang berwarna merah. Citra buah tomat direkam menggunakan kamera *webcam* kemudian citra yang didapat diolah menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Berdasarkan hasil penelitiannya dilaporkan bahwa algoritma perceptron yang dikembangkan hanya memiliki keberhasilan identifikasi sebesar 43,33%.

Riska & Subekti (2016) juga mengidentifikasi kematangan buah tomat berdasarkan warna menggunakan algoritma multi-SVM. Dalam hal ini, kematangan buah tomat dikelompokkan menjadi 6 tingkat kematangan seperti yang

ditunjukkan pada Gambar 1. Citra dari buah tomat diambil hanya dari satu sisi kemudian dilakukan *preprocessing* menggunakan *histogram equalization*. Citra RGB diubah menjadi citra keabuan untuk selanjutnya dikonversi menjadi citra L^*a^*b . Fitur yang digunakan untuk menduga tingkat kematangan adalah komponen R, G, dan komponen a dari citra L^*a^*b . Berdasarkan hasil penelitiannya dilaporkan bahwa algoritma multi-SVM mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan dengan tingkat keberhasilan 77,84%.



Gambar 1. Enam tingkat kematangan buah tomat (Riska & Subekti, 2016)

Astrianda (2020) juga mengidentifikasi kematangan tomat berdasarkan warna menggunakan algoritma SVM. Buah tomat dikelompokkan menjadi dua tingkat kematangan, yaitu tomat mentah dan tomat matang. Buah tomat tersebut diletakkan di luar ruangan kemudian citranya direkam menggunakan kamera *smartphone* dari jarak 25 cm di atas tomat. Tingkat kematangan buah tomat pada penelitian ini diidentifikasi menggunakan tiga model warna, yaitu HSV, YCbCr, dan CIElab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan model warna HSV adalah 95%, model warna YCbCr adalah 74% dan model warna CIElab adalah 100%.

Penentuan tingkat kematangan buah tomat pada penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan citra buah tomat yang direkam dalam kondisi diam. Untuk meningkatkan kapasitas pemutuan, perlu dilakukan pengambilan citra pada kondisi

buah tomat bergerak. Beberapa penelitian tentang mesin sortasi maupun pemutuan buah tomat secara mekanik telah dilakukan diantaranya oleh Sugandi, *et al.*, (2016) yang melakukan uji kinerja mesin pemutuan tomat TEP-5 berdasarkan warna. Buah tomat diatur memiliki jarak 20 cm dan digerakkan dengan kecepatan linier 0,13 m/s sehingga secara teoritis mesin pemutuan memiliki kapasitas 7.020 buah tomat/jam. Kapasitas aktual mesin yang diperoleh dari pengujian lapang adalah sebesar 4.246 buah tomat/jam. Namun, pada penelitian tersebut tidak dijelaskan jumlah tingkat mutu yang diujikan dan tingkat keberhasilan proses pemutuannya.

Selain menggunakan kamera digital, pemutuan juga dapat dilakukan menggunakan sensor warna TCS230 seperti Romadhon & Baihaqi (2015) yang merancang mesin pemilah buah jeruk nipis ke dalam tiga kategori (muda, tua, dan busuk) menggunakan sensor TCS230. Keluaran sensor TCS230 yang awalnya berupa frekuensi diubah menjadi nilai warna RGB. Buah jeruk nipis kategori busuk ditentukan menggunakan nilai ambang $29 \leq R \leq 32; 50 \leq G \leq 58; 48 \leq B \leq 59$. Kategori muda menggunakan nilai ambang $46 \leq R \leq 52; 70 \leq G \leq 75; 71 \leq B \leq 74$. Kategori tua menggunakan nilai ambang $54 \leq R \leq 55; 70 \leq G \leq 75; 73 \leq B \leq 78$. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengidentifikasi jeruk nipis muda adalah 15,89 detik; untuk jeruk tua adalah 19,00 detik; dan untuk jeruk nipis busuk adalah 11,05 detik. Keberhasilan identifikasi adalah 93,3% untuk jeruk nipis muda, 90% untuk jeruk nipis tua, dan 97,5 % untuk jeruk nipis busuk.

Selain itu, Fahmy, *et al.*, (2017) merancang mesin pemutuan buah tomat berdasarkan warna menggunakan sensor TSC230. Buah tomat dikelompokkan menjadi dua mutu, yaitu warna merah dan warna hijau. Keluaran sensor TCS230 diubah dari bentuk frekuensi menjadi model warna RGB. Buah tomat hijau ditentukan menggunakan nilai ambang warna merah

(R) pada rentang nilai 52 – 89, ambang warna hijau (G) pada rentang nilai 37 – 49, dan warna biru (B) pada rentang 24 -31. Buah tomat merah ditentukan menggunakan nilai ambang warna merah (R) pada rentang 68 – 91, ambang warna hijau (G) pada rentang 21 – 40, dan ambang warna biru (B) pada rentang 20 – 28. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengumpulan buah tomat harus dilakukan satu persatu ke dalam ruang penginderaan, sehingga waktu yang diperlukan untuk pemutuan satu buah tomat adalah 6 detik. Tingkat kesalahan pemutuan dilaporkan sebesar 3,33%.

Hasil penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa pengambilan citra buah tomat dilakukan dalam kondisi diam, sehingga kapasitas pemutuannya rendah. Pada beberapa penelitian yang lain, perekaman citranya sudah dilakukan dalam kondisi buah bergerak. Namun, waktu pengindraannya masih cukup lama, sehingga kapasitas pemutuannya juga masih relatif rendah.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pendeteksi mutu buah tomat cherry menggunakan sensor TCS230. Pada penelitian ini, buah tomat dikondisikan bergerak dengan waktu pendeteksian yang cepat, sehingga diharapkan kapasitas penentuan mutunya meningkat.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan untuk pembuatan prototipe mekanik seperti gergaji besi, mesin bor, gerinda, jangka sorong, tachometer, meteran. Peralatan untuk pembuatan sistem elektronik antara lain solder, multimeter, komputer beserta *software* AutoCad, Arduino IDE. Bahan yang digunakan meliputi besi siku berlubang, sabuk *conveyor*, motor DC, *stepdown* DC, *motor controller*, baut-mur,

sensor TCS230, Arduino Mega 2560, buah tomat cherry varietas Aruru RZ.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi identifikasi masalah, perumusan ide rancangan fungsional, pembuatan prototipe sistem pengangkut buah tomat menuju sistem penginderaan, pembuatan sistem pendeteksi mutu buah tomat, pembuatan perangkat lunak sistem pendeteksian mutu buah tomat, dan pengujian unjuk kerja prototipe sistem pendeteksi mutu secara keseluruhan.

Identifikasi Masalah

Identifikasi permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini dilakukan melalui studi lapang di *greenhouse* PT Nudira Fresh di wilayah Pengalengan Kabupaten Bandung. Hasil studi lapang tersebut memberikan informasi bahwa buah tomat cherry pada PT Nudira Fresh dikelompokkan menjadi tiga mutu berdasarkan warna, yaitu buah hijau, oranye dan merah. Pemutuan tersebut sejalan dengan pengelompokan tingkat ketuaan yang dilakukan oleh Kusumaningtyas & Asmara (2016).

Penentuan mutu buah tomat cherry pada PT Nudira Fresh masih dilakukan secara manual yang menimbulkan kelelahan pada pekerja, sehingga diperlukan mesin pemutuan otomatis yang memiliki kapasitas melebihi kapasitas manual. Sistem pendeteksi mutu yang bekerja dengan kecepatan tinggi perlu dikembangkan untuk menghasilkan mesin pemutuan dengan kapasitas tinggi. Sistem pendeteksi mutu berbasis kamera digital biasanya membutuhkan CPU atau mikroprosesor yang memiliki kecepatan tinggi, sehingga membutuhkan biaya yang besar. Kecepatan pengolahan citra kamera digital menggunakan perangkat mikrokontroler akan jauh lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan komputer.

Selain menggunakan kamera digital, pendeteksian mutu juga dapat dilakukan menggunakan sensor warna jenis TCS230

yang harganya relatif lebih murah dengan kecepatan yang memadai. Kemampuan sensor TCS230 sebagai pendeteksi mutu buah juga ditunjang oleh penelitian Fahmy, *et al.*, (2017) dan Romadhon & Baihaqi (2015).

Rancangan Fungsional

Penelitian ini hanya mencakup sistem pendeteksi mutu buah tomat cherry tanpa sistem pemisah sedangkan sistem pengumpulan dilakukan secara manual. Perumusan ide rancangan fungsional dari sistem pendeteksi mutu buah tomat cherry tersebut meliputi fungsi peletakan buah tomat, fungsi pengangkutan buah, fungsi pendeteksian posisi buah, dan fungsi pendeteksian mutu buah. Peletakan buah dilakukan secara manual, yaitu dengan memberi dudukan kertas karton sedemikian rupa, sehingga jarak antar buah tomat dapat diatur.

Penelitian ini diuji menggunakan tiga perlakuan jarak antar buah, yaitu 3 cm, 5 cm, dan 7 cm. Pengangkutan buah ke posisi pendeteksian mutu dilakukan menggunakan sabuk *conveyor* dengan kecepatan linier yang diatur mulai dari 0 cm/s sampai 60 cm/s. Kecepatan optimum yang dipilih adalah kecepatan tertinggi yang masih mampu mendeteksi mutu buah tomat dengan baik. Pengangkutan menggunakan sabuk *conveyor* dan sistem lorong tersebut sejalan dengan penelitian Romadhon & Baihaqi (2015).

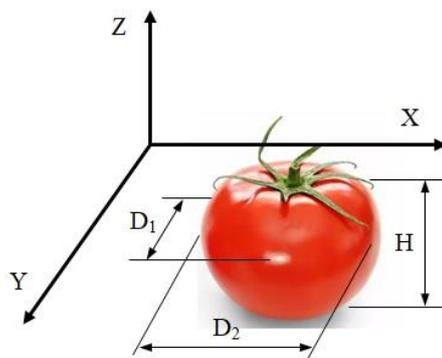
Pendeteksian posisi buah dilakukan menggunakan sensor TCS230 yang dipasang pada dinding samping dari lorong pengangkutan buah tomat dan pada sisi atas lorong tersebut terpasang sensor TCS230 pendeteksi mutu buah. Sensor pendeteksi posisi buah tersebut dipasang untuk memastikan buah tomat persis berada di bawah sensor pendeteksi mutu buah pada saat sensor tersebut dibaca. Sensor pendeteksi mutu berfungsi untuk membaca nilai warna dari buah tomat dan keluaran dari sensor TSC230 tersebut berupa nilai frekuensi yang berasal dari filter merah, hijau, dan biru. Nilai frekuensi keluaran

sensor tersebut selanjutnya diolah untuk mendapatkan tingkat mutu dari buah tomat menggunakan pemrograman Bahasa-C dari Arduino IDE.

Pengukuran Diameter Buah Tomat

Pengukuran diameter dan kebulatan buah tomat diperlukan untuk menentukan ukuran ruangan lorong pengangkut buah tomat. Pengukuran yang dilakukan meliputi diameter mayor (H), diameter *intermediate* (D₁), dan diameter minor (D₂) seperti terlihat pada Gambar 2. Jumlah buah tomat yang diukur diameternya sebanyak 120 buah yang terdiri dari 40 buah tomat hijau, 40 buah tomat oranye, dan 40 buah tomat merah. Nilai kebulatan (Φ) selanjutnya dihitung menggunakan Persamaan 1 (Lak, *et al.*, 2018).

$$\Phi = \frac{\sqrt[3]{D_1 \times D_2 \times H}}{H} \dots\dots\dots(1)$$



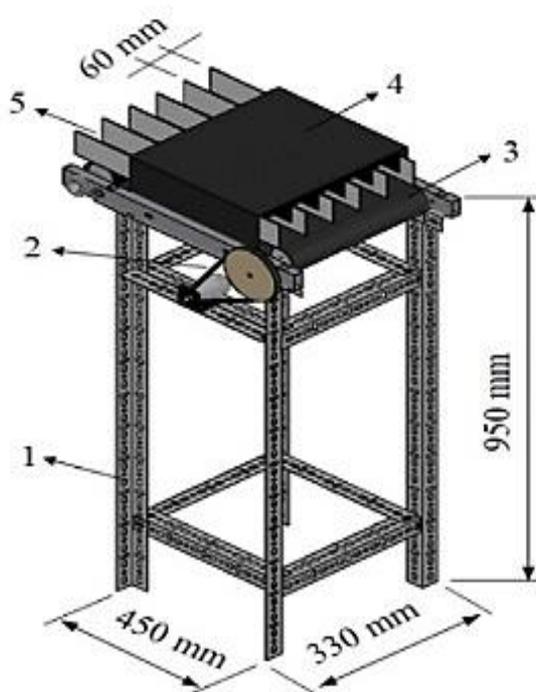
Gambar 2. Pengukuran diameter buah tomat

Sensor pendeteksi mutu buah dipasang pada jarak 1 – 2 cm dari permukaan luar buah tomat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Fajaruddin, *et al.*, (2020) yang menyatakan jarak optimum sensor TSC230 dari permukaan benda yang diukur adalah 2 cm.

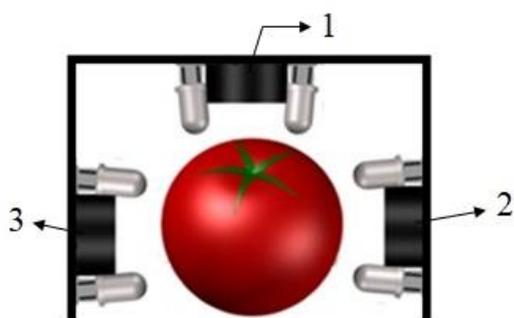
Sistem Pendeteksi Mutu

Prototipe sistem pendeteksi mutu dibuat menggunakan rangka dudukan *conveyor* dari besi siku berlubang dengan ukuran 35 mm x 35 mm x 1 mm. Rangka dudukan *conveyor* tersebut memiliki dimensi panjang 450 mm, lebar 330 mm,

dan tinggi 950 mm dengan lima buah lorong. Namun, pada penelitian ini hanya diuji satu lorong. Lebar dari setiap lorong adalah 60 cm dengan tinggi dinding 50 cm. Sistem pendeteksi mutu buah tomat yang dibuat pada penelitian ini disajikan pada Gambar 3. Posisi sensor di dalam lorong diperlihatkan pada Gambar 4.



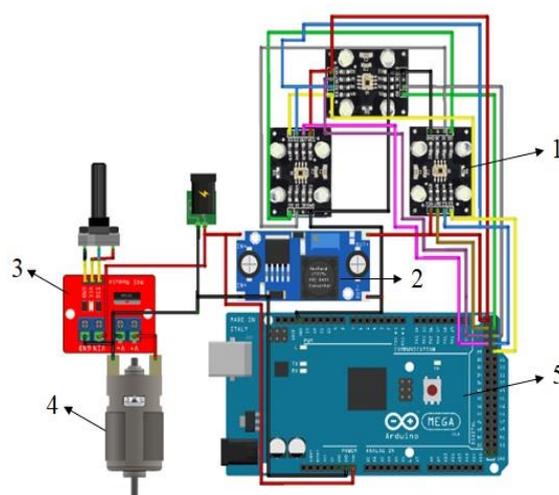
Gambar 3. Prototipe sistem pendeteksi mutu buah tomat: (1) rangka, (2) *timing belt*, (3) sabuk *conveyor*, (4) ruang sensor, (5) lorong pengangkut



Gambar 4. Posisi sensor TCS230: (1) pendeteksi mutu, (2) dan (3) pendeteksi posisi tomat

Perangkat Keras Elektronika

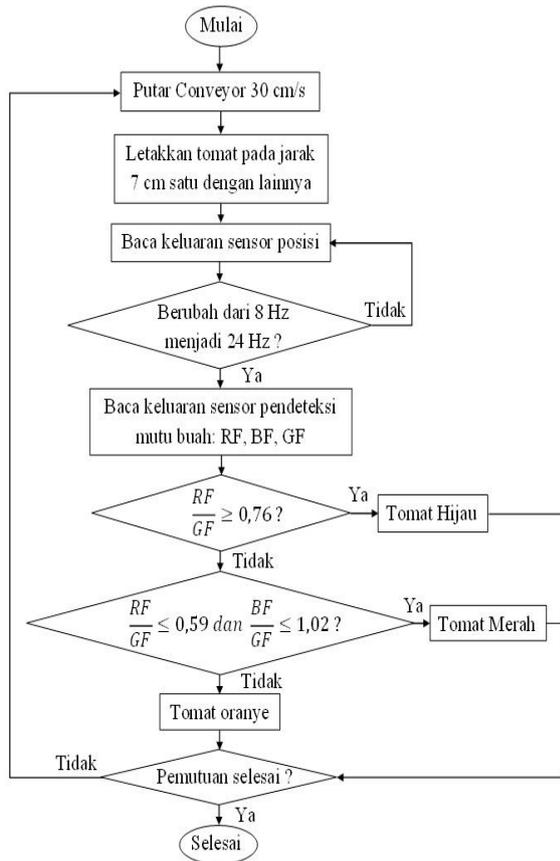
Rangkaian elektronika yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) sensor TCS230, (2) *step down* DC tipe LM2596, (3) *Speed controller* 20 A tipe IC 555, (4) motor DC tipe 775, dan (5) mikrokontroler Arduino Mega 2560 seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perangkat keras elektronika: (1) TCS230, (2) *Step down* DC, (3) *speed controller*, (4) motor DC, (5) mikrokontroler

Perangkat Lunak Pendeteksi Mutu

Perangkat lunak pendeteksi mutu merupakan algoritma pemrograman untuk mendeteksi mutu buah tomat cherry berdasarkan warna kulit buah. Perangkat lunak yang digunakan untuk menulis dan menjalankan algoritma pendeteksi mutu tersebut adalah bahasa C dari *Arduino Integrated Development Environment* (Arduino IDE). Diagram alir algoritma pendeteksi mutu diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Algoritma pendeteksi mutu buah tomat berdasarkan warna

Pengujian Prototipe Alat

Pengujian prototipe alat dimulai dengan menguji fungsional diantaranya kecepatan linier dari conveyor dapat diubah dari kondisi diam kemudian dinaikkan kecepatannya secara perlahan sampai kecepatan 60 cm/s; sensor pendeteksi posisi buah mampu untuk mendeteksi keberadaan buah didepannya; dan sensor pendeteksi mutu mampu menghasilkan nilai frekuensi keluaran yang berbeda untuk tomat hijau, tomat oranye, dan tomat merah. Sensor TCS230 memiliki keluaran dalam bentuk nilai frekuensi yang skalanya dapat diatur mulai 0%, 2%, 20%, dan 100% melalui pin S_0 dan S_1 yang ada pada sensor tersebut. Skala frekuensi yang digunakan pada penelitian ini diatur pada nilai 20%.

Sensor TCS230 dilengkapi dengan filter warna internal yang dapat dipilih melalui kaki S_2 dan S_3 . Filter tersebut meliputi filter merah, hijau, biru, dan tanpa filter. Sensor pendeteksi mutu dioperasikan

melalui tiga filter warna, yaitu merah, hijau, dan biru, sedangkan sensor pendeteksi posisi buah dioperasikan tanpa filter. Penentuan tingkat mutu dilakukan menggunakan rasio nilai frekuensi keluaran yang meliputi: Rasio frekuensi filter merah dengan filter hijau (RF/GF), rasio frekuensi filter merah dengan filter biru (RF/BF), dan rasio frekuensi filter biru dan hijau (BF/GF) untuk tomat hijau, oranye dan merah.

Penggunaan rasio model warna RGB juga dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya Joshi (2017) menggunakan rasio $(R-G)/(G-B)$ untuk membedakan citra buah apel dengan citra latar belakang. Peneliti menyatakan, penggunaan rasio tersebut menghasilkan pendeteksian yang lebih stabil karena dapat mengurangi pengaruh kondisi cahaya lingkungan. Bustomi & Dzulfikar (2014) menggunakan indek warna RGB yang merupakan rasio antara nilai R dengan $R+G+B$ untuk mengurangi pengaruh intensitas cahaya lingkungan pada pengolahan citra biji jagung.

Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja dilakukan menggunakan 30 buah tomat cherry yang terdiri dari 10 buah warna hijau, 10 buah warna oranye, dan 10 buah warna merah. Pengujian pertama dilakukan untuk mengetahui kecepatan linier optimum untuk pemutuan buah tomat. Perlakuan kecepatan yang diujikan mulai dari 0 cm/s sampai 20 cm/s dengan kenaikan 2 cm/s, dari kecepatan 20 m/s sampai 40 cm/s dengan kenaikan 5 cm/s, dan dari kecepatan 40 cm/s sampai 60 cm/s dengan kenaikan 10 cm/s. Setelah kecepatan optimum didapatkan, kemudian dilakukan pengujian jarak optimum antara dua tomat dengan tiga perlakuan jarak, yaitu 3 cm, 5 cm dan 7 cm.

Persentase keberhasilan prototipe sistem pendeteksi mutu dalam mendeteksi mutu buah tomat cherry dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$P_k = \frac{N_B}{N} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

P_k = Persentase keberhasilan (%)

N_B = Jumlah sampel yang teridentifikasi benar

N = Jumlah keseluruhan sampel yang diuji

Kapasitas teoritis alat (Q_T) dihitung sebagai perbandingan antara kecepatan conveyor (V_k) dengan jarak antar dua tomat dalam lorong (L_k) seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan 3.

$$Q_T = \frac{V_k}{L_k} \dots\dots\dots(3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe Alat

Prototipe alat pendeteksi mutu buah tomat cherry dengan lima lorong jalur pengangkutan buah tomat (Gambar 7) telah berhasil dibuat, tetapi pada penelitian ini hanya satu lorong yang diuji coba karena baru satu lorong yang dilengkapi dengan sensor TCS230.



Gambar 7. Prototipe alat pendeteksi mutu buah tomat cherry

Hasil pengujian fungsional pergerakan conveyor memperlihatkan bahwa conveyor pengangkut buah hanya dapat digerakkan dengan kecepatan linier minimum sebesar 4 cm/s, sehingga pada penelitian ini tidak digunakan perlakuan kecepatan 2 cm/s.

Selain itu, conveyor mulai mengalami getaran pada kecepatan 98 cm/s, sehingga pada pengujian ini conveyor hanya dioperasikan sampai kecepatan linier 60 cm/s.

Diameter dan Berat Buah Tomat

Sebanyak 120 buah tomat varietas Aruru RZ (Gambar 8) yang masing-masing terdiri dari 40 buah tomat hijau, oranye dan merah diukur berat dan diameternya untuk tujuan penentuan ukuran lorong sistem pengangkut buah. Data hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1.



Gambar 8. Contoh buah tomat untuk pengujian

Tabel 1 memperlihatkan ukuran diameter maksimum adalah 30,30 mm, ukuran diameter minimum adalah 21,00 mm, bobot buah maksimum adalah 14,90 g dan bobot minimum 7,10 g.

Tabel 1. Hasil pengukuran buah tomat

Sifat fisik	Mak	Min	Rata rata	Std Dev
Diameter mayor (mm)	30,30	24,50	27,33	1,35
Diameter <i>intermediate</i> (mm)	28,90	22,20	25,39	1,21
Diameter minor (mm)	27,50	21,00	24,64	1,26
<i>Sphericity</i> / kebulatan	0,99	0,91	0,94	0,01
Berat tomat (g)	14,90	7,10	10,67	1,52

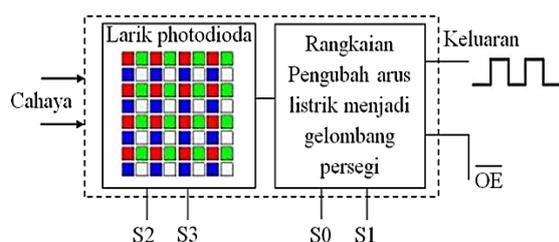
Ketinggian lorong ditentukan berdasarkan diameter mayor rata-rata dan diameter minor rata-rata. Fahmy, *et al.*, (2017) dalam penelitiannya memasang sensor TCS230 pada rentang jarak 10 mm sampai 70 mm dari permukaan buah tomat sedangkan hasil penelitian Fajaruddin, *et al.*, (2020) memperlihatkan keakuratan pendeteksian buah jeruk nipis mulai menurun untuk jarak yang lebih besar dari 20 mm. Namun, karena permukaan luar buah tomat lebih mengkilap dibandingkan

buah jeruk nipis, kemungkinan memantulkan cahaya lebih banyak dibandingkan buah jeruk, sehingga pada penelitian ini digunakan rentang 23 mm sampai 26 mm. Sensor TCS230 pada penelitian ini dipasang pada lorong pengangkutan dengan ketinggian 50 mm.

Sensor TCS230

TCS230 merupakan sensor warna yang tersusun dari larik photodiode dua dimensi 8×8 , dilengkapi rangkaian pengubah arus listrik menjadi gelombang persegi dengan frekuensi sebanding dengan intensitas cahaya yang diterima oleh photodiode tersebut. Larik photodiode tersebut dibagi menjadi empat kelompok dengan rincian: 16 photodiode diberi filter warna merah, 16 photodiode diberi filter warna hijau, 16 photodiode diberi filter warna biru dan 16 photodiode sisanya tanpa filter. Photodiode dalam kelompok yang sama disusun secara paralel satu dengan yang lain untuk memperbesar nilai arus keluarannya. Kelompok Photodiode yang diberi filter warna tertentu akan menerima dominan pantulan cahaya dengan panjang gelombang sesuai filter warna tersebut.

Sensor TCS230 dilengkapi dengan empat sumber cahaya LED warna putih agar intensitas cahaya yang terpancar ke objek stabil dan merata. Setiap kelompok photodiode dapat dipilih menggunakan kombinasi dua nilai biner yang disalurkan melalui jalur dengan label S2 dan S3 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9.

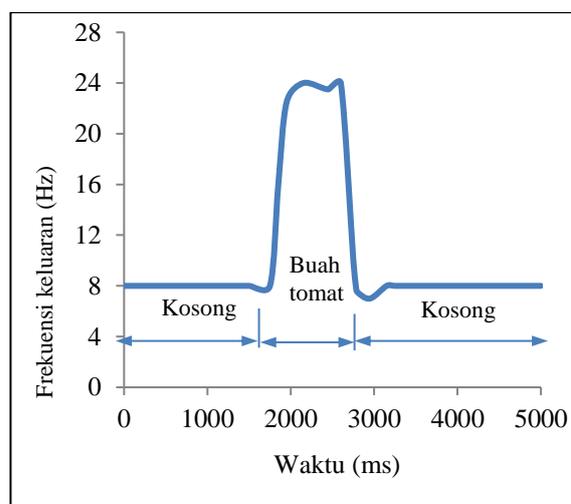


Gambar 9. Sensor warna TCS230

Kelompok photodiode dengan filter warna merah dipilih dengan mengeset S2 = Low dan S3 = Low, kelompok dengan filter warna biru dipilih dengan mengeset S2 = Low dan S3 = High, kelompok dengan filter

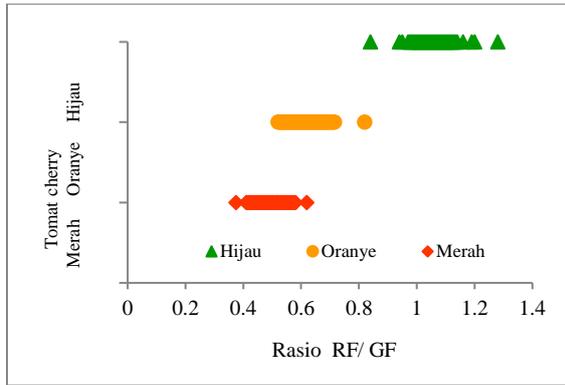
warna hijau dipilih dengan mengeset S2 = High dan S3 = High, Kelompok tanpa filter dipilih dengan mengeset S2 = High dan S3 = Low. Adapun skala frekuensi keluaran sensor dapat dipilih melalui jalur dengan label S0 dan S1, yaitu 0% pada saat S0 = Low dan S1 = Low, 2% pada saat S0 = Low dan S1 = High, 20% pada saat S0 = High dan S1 = Low, 100% pada saat S0 = High dan S1 = High.

Sensor TCS230 yang dipasang pada dinding lorong digunakan untuk mendeteksi buah tomat yang sedang melewati sensor pendeteksi mutu, sedangkan sensor TCS230 yang terpasang di sisi atas lorong digunakan untuk mendeteksi mutu buah tomat. Hasil pengujian sensor TCS230 yang terpasang pada dinding lorong menghasilkan nilai frekuensi sebesar 8 Hz pada saat belum mendeteksi buah dan menghasilkan nilai 24 Hz pada saat mendeteksi buah seperti terlihat pada Gambar 10. Pada penelitian ini keluaran dari sensor TCS230 pendeteksi mutu dibaca setelah keluaran sensor yang terpasang pada dinding lorong menghasilkan nilai frekuensi 24 Hz. Pengujian dilakukan dengan meletakkan buah tomat di atas conveyor yang digerakkan dengan kecepatan 4 cm/s.

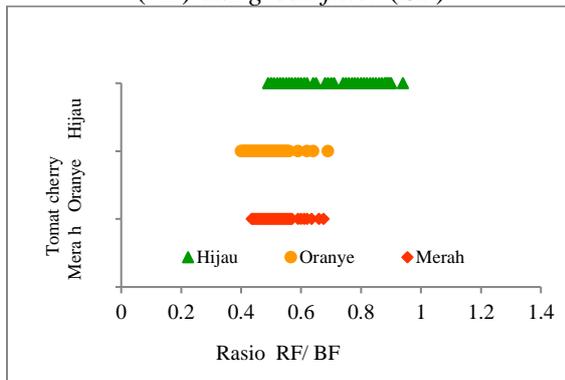


Gambar 10. Frekuensi keluaran sensor TCS230 yang dipasang pada dinding lorong

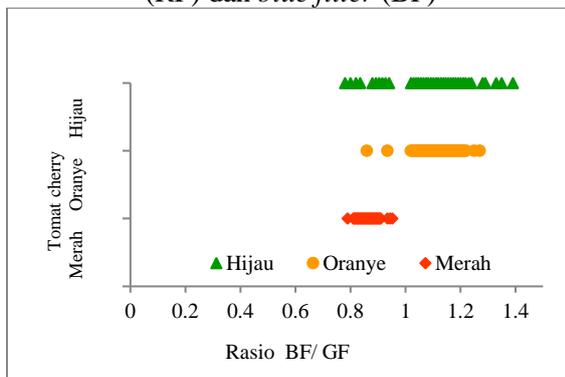
Mutu dari buah tomat ditentukan berdasarkan perbandingan nilai frekuensi keluaran dua filter warna seperti terlihat pada Gambar 11 sampai 13.



Gambar 11. Rasio nilai frekuensi *red filter* (RF) dan *green filter* (GF)



Gambar 12. Rasio nilai frekuensi *red filter* (RF) dan *blue filter* (BF)



Gambar 13. Rasio nilai frekuensi *blue filter* (BF) dan *green filter* (GF)

Berdasarkan sebaran nilai yang diperlihatkan pada Gambar 11 sampai 13, buah tomat hijau dapat dipisahkan dengan tomat merah dan oranye menggunakan nilai rasio RF/GF > 0,76; sedangkan tomat merah dapat dipisahkan dengan tomat oranye menggunakan nilai rasio BF/GF < 1,02 dan rasio RF/GF < 0,65. Diagram alir algoritma pemutuan disajikan pada Gambar 6.

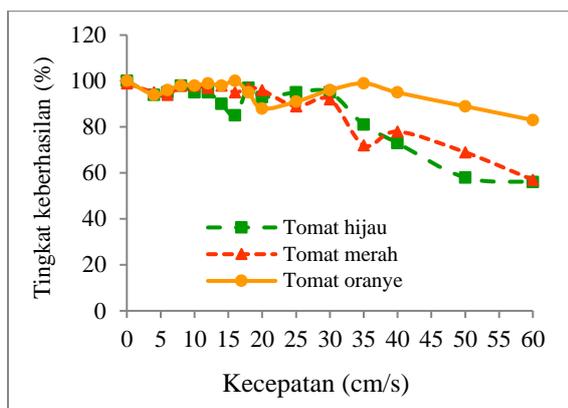
Kemampuan sensor TCS230 untuk membedakan warna objek didukung oleh beberapa penelitian, seperti Myo & Soe (2019) yang menggunakan sensor TCS230

untuk memisahkan objek berupa bola kaca berwarna hijau, kuning, dan biru. Peneliti melaporkan bahwa mesin yang dilengkapi sensor TCS230 tersebut mampu memisahkan objek dengan baik, tetapi tidak dilaporkan persentase keberhasilannya. Fatoni, *et al.*, (2020), menggunakan sensor TCS230 untuk mendeteksi kadar glukosa dalam contoh darah. Glukosa dalam darah terlebih dahulu diubah oksidase. Kadar glukosa selanjutnya dideteksi menjadi hidrogen peroksida dan glukonat menggunakan enzim glukosa dari warna kuning yang dihasilkan oleh reaksi antara hidrogen peroksida dan titanium oksisulfat.

Irwan, *et al.*, (2022) menggunakan sensor TCS230 untuk mendeteksi warna buah jeruk pada mesin sortasi. Peneliti menyatakan bahwa mesin sortasi yang dirancang tersebut memiliki tingkat keberhasilan 80%. Sensor TCS230 juga digunakan oleh Mahendra & Dzulkifli (2021) untuk membantu penderita buta warna dalam mendeteksi warna objek. Warna yang digunakan dalam penelitian ini adalah merah, biru, hijau, putih, dan kuning. Peneliti melaporkan *error* minimum didapat pada saat objek ditempatkan pada jarak 1 cm di depan sensor.

Pengujian Kecepatan Linier Buah Tomat

Setelah nilai ambang batas mutu buah tomat diketahui, selanjutnya dilakukan pengujian kecepatan linier optimum pergerakan tomat dengan mengatur kecepatan *conveyor* mulai dari 4 cm/s sampai 20 cm/s dengan penambahan 2 cm/s, mulai kecepatan 20 cm/s sampai 40 cm/s dengan penambahan 5 cm/s, dan mulai dari 40 cm/s sampai 60 cm/s dengan penambahan 10 cm/s. Hasil pengujian kecepatan *conveyor* diperlihatkan pada Gambar 14.

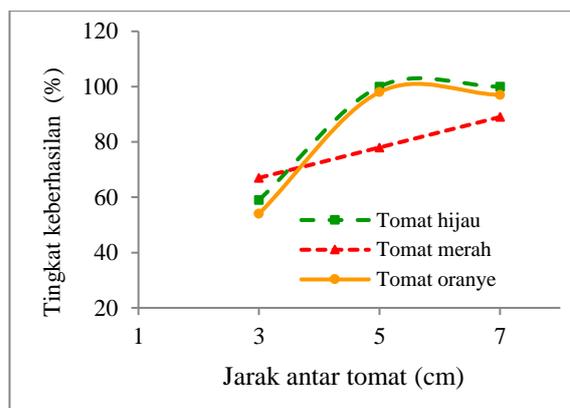


Gambar 14. Pengujian kecepatan pergerakan buah tomat

Gambar 14 memperlihatkan bahwa pada rentang kecepatan 4 cm/s sampai 30 cm/s, persentase keberhasilan pendeteksian mutu masih cukup tinggi, yaitu 93% untuk tomat merah, 97% untuk tomat oranye, dan 95% untuk tomat hijau. Setelah kecepatan 30 cm/s, tingkat keberhasilan pendeteksian mutu cenderung menurun. Oleh karena itu, kecepatan optimum yang digunakan pada penelitian ini adalah 30 cm/s. Kecepatan linier tersebut lebih cepat dibandingkan penelitian Sugandi, *et al.*, (2016) yang menggunakan kecepatan linier 13 cm/s.

Pengujian Jarak Antar Tomat

Pengujian pada penelitian ini dilakukan menggunakan kecepatan linier optimum 30 cm/s dengan perlakuan jarak antar tomat sebesar 3 cm, 5 cm, dan 7 cm. Hasil pengujian pada Gambar 15 memperlihatkan bahwa tomat hijau dan oranye memiliki persentase keberhasilan lebih tinggi untuk jarak 5 cm dibandingkan dengan jarak 3 cm. Namun, persentase keberhasilan untuk perlakuan jarak antar tomat 5 cm tidak berbeda jauh dengan perlakuan jarak 7 cm dan cenderung datar.



Gambar 15. Persentase keberhasilan pendeteksian mutu

Di sisi lain, persentase keberhasilan pendeteksian mutu untuk tomat merah cenderung meningkat dengan persentase tertinggi pada jarak 7 cm dari perlakuan yang diujikan. Data hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa perlakuan jarak optimum untuk pemutuan tomat adalah 7 cm. Persentase keberhasilan pendeteksian mutu tomat merah dengan jarak antar tomat 7 cm adalah 89%, sedangkan untuk mutu tomat oranye 98% dan untuk mutu tomat hijau adalah 100%. Jarak optimum antara dua buah tomat pada penelitian ini lebih pendek dibandingkan dengan penelitian Sugandi, *et al.*, (2016) yang menggunakan jarak 20 cm.

Seperti telah dibahas sebelumnya, kecepatan linier optimum dari *conveyor* yang digunakan pada penelitian ini adalah 30 cm/s. Buah tomat ditempatkan pada jarak 7 cm satu dengan yang lain, sehingga jumlah buah tomat cherry yang melewati sensor setiap detik adalah 4 buah. Oleh karena itu, waktu yang diperlukan untuk menentukan mutu dari satu buah tomat adalah 0,25 detik. Lama waktu pendeteksian mutu tersebut lebih singkat dibandingkan dengan hasil penelitian Fahmy, *et al.*, (2017) yang membutuhkan waktu 6 detik untuk satu buah tomat. Kapasitas pemutuan teoritis dari sensor TCS230 yang digunakan dalam penelitian ini adalah 14.400 buah/jam. Sebagai perbandingan, kapasitas sortasi hasil penelitian Rahayuningtyas, *et al.*, (2020) adalah 240 buah tomat/jam; sedangkan kapasitas pemutuan hasil

penelitian Sugandi, *et al.*, (2016) adalah 4.246 buah tomat/jam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa model sistem pendeteksi mutu buah tomat cherry berdasarkan warna menggunakan sensor optis TCS230 telah berhasil dibuat. Buah tomat cherry digerakkan menuju sensor pendeteksi mutu menggunakan sabuk *conveyor* dengan kecepatan linier 30 cm/s dan jarak antar buah tomat 7 cm. Mutu buah tomat hijau dapat dipisahkan dengan mutu tomat merah dan oranye menggunakan nilai rasio RF/GF > 0,76; sedangkan mutu tomat merah dapat dipisahkan dengan tomat oranye menggunakan nilai rasio BF/GF < 1,02 dan rasio RF/GF < 0,65. Persentase keberhasilan pendeteksian mutu tomat merah adalah 89%; sedangkan untuk mutu tomat oranye 98% dan untuk mutu tomat hijau adalah 100%. Waktu yang diperlukan untuk menentukan mutu dari satu buah tomat adalah 0,25 detik. Oleh karena itu, secara teoritis kapasitas pendeteksian mutu dari sensor TCS230 yang digunakan dalam penelitian ini adalah 14.400 buah/jam.

Saran

Perlu diteliti jarak optimum pemasangan sensor TCS230 terhadap permukaan buah tomat. Perlu diteliti intensitas cahaya LED optimum untuk meningkatkan ketelitian pemutuan buah tomat cherry. Sistem pendeteksi mutu ini perlu dilengkapi dengan sistem pengumpan dan pemisah buah sehingga menjadi mesin pemutuan yang bekerja secara otomatis penuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT Nudira Fresh yang telah membantu pendanaan dan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem IPB yang telah memfasilitasi penelitian ini, sehingga dapat

terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang ikut berkontribusi dalam penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Astrianda, N. (2020). Klasifikasi Kematangan Buah Tomat Dengan Variasi Model Warna Menggunakan Support Vector Machine. *VOCATECH: Vocational Education Technology Journal*, 1(2), 44–51. <https://doi.org/10.38038/vocatech.v1i2.27>.
- Bustomi, M. A., & Dzulfikar, A. Z. (2014). Analisis Distribusi Intensitas RGB Citra Digital untuk Klasifikasi Kualitas Biji Jagung menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 10(3), 127–132. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v10i3.545>.
- Fahmy, K., Andasuryani, & Esvendiarmi, R. (2017). Rancang Bangun Alat Grading Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*, L) Menggunakan Sensor Warna TCS230. *Prosiding Seminar Nasional*, 134–145.
- Fajaruddin, A., Notosudjono, D., & Waryani. (2020). Perancangan Alat Cerdas Penyortiran Buah Jeruk Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–11.
- Fatoni, A., Aziz, A. N., & Anggraeni, M. D. (2020). Low-cost and real-time color detector developments for glucose biosensor. *Elsevier*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100325>.
- Irwan, I., Lahming, L., Jamaluddin, J., & Lestari, N. (2022). Rancang Bangun Mesin Sortasi Buah Jeruk Manis Berdasarkan Warna Berbasis Arduino Nano. *Jurnal Pendidikan Teknologi*

- Pertanian*, 8(1), 1–8.
<https://doi.org/10.26858/jptp.v8i1.19297>.
- Joshi, K. V. (2017). A Review on Apple Detection Methods for Harvesting Robot. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 12(2), 95–106.
<https://doi.org/10.14257/ijmue.2017.12.2.07>.
- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. (2019). *Data Lima Tahun Terakhir - Sub-sektor Hortikultura (Horticulture Sub-sector)*.
- Kusumaningtyas, S., & Asmara, R. A. (2016). Identifikasi Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Warna Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST). *Jurnal Informatika Polinema*, 2(2), 72–75.
- Lak, M., Minaei, S., Soufizadeh, S., & Banakar, A. (2018). Modeling rupture force based on physical properties - a case study for roma tomato (*Solanum lycopersicum*) fruits. *AgricEngInt: CIGR Journal*, 20(3), 221–226.
- Mahendra, D., & Dzulkiflih. (2021). Uji Sensitivitas Sensor Tcs230 Berbasis Arduino Uno sebagai Alat Pendeteksi Warna bagi Penderita Buta Warna. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 10(1), 43–51.
<https://doi.org/10.26740/ifi.v10n1.p43-51>.
- Myo, A. M. M., & Soe, Z. C. (2019). Automatic Color Sorting Machine Using Arduino Mega Microcontroller. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS)*, 8(8), 60–64.
- Nofriati, D. (2018). *Penanganan Pascapanen Tomat* (L. Izhar & S. Primilestari (eds.); 1st ed.). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- Rahayuningtyas, A., Furqon, M., & Sagita, D. (2020). Rancang Bangun dan Analisa Biaya Perangkat Sortasi Tomat Berdasar Sensor Berat Tipe Strain Gauge dan Pengolahan Citra Warna. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(1), 65–78.
- Riska, S. Y., & Subekti, P. (2016). Klasifikasi Level Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Multi-SVM. *Jurnal Ilmiah Informatika*, 1(1), 39–45.
<https://doi.org/https://doi.org/10.35316/jimi.v1i1.442>.
- Romadhon, A. S., & Baihaqi, J. R. (2015). Prototipe Alat Pemilah Jeruk Nipis Menggunakan Sensor Warna TCS230. *Jurnal Ilmiah Mikrotek*, 1(4), 184–190.
- Sugandi, W. K., Sudaryanto, & Herwanto, T. (2016). Uji Kinerja dan Pengujian Lapangan Mesin Grading Ttomat (*Lycopersicum Esculentum*) TEP-5. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5(3), 145–156.
- Susilawati. (2019). *Dasar – Dasar Bertanam Secara Hidroponik* (1st ed.). UPT. Penerbit dan Percetakan Universitas Sriwijaya.