

Prototype Sistem Penyortir Buah Kopi Arabika Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Metode Support Vector Machine

Juprianus Rusman^{1*}, Nofrianto Pasae²

¹ Program Studi Teknik Informatika, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Tana Toraja, Sulawesi Selatan

² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Tana Toraja, Sulawesi Selatan

Email: ^{1*} rusman.jr@ukitoraja.ac.id, ² nofriantopasae@ukitoraja.ac.id

(Naskah masuk: 19 Feb 2022, direvisi: 6 Mar 2023, diterima: 7 Mar 2023)

Abstrak

Salah satu proses peningkatan mutu kopi adalah menyeleksi buah kopi yang matang dan belum matang pasca panen yang dilakukan dengan cara memilih satu per satu. Namun dengan cara tersebut terdapat kelemahan yaitu inkonsistennya hasil sortiran karena faktor subjektifitas dan intensitas cahaya. Sebagai solusi, pada penelitian ini didesain alat bantu dalam bentuk prototipe untuk menyortir buah kopi berdasarkan kematangannya. Kopi matang ditandai dengan warna merah, kopi setengah matang dengan warna kuning kemerahan dan kopi mentah dengan warna hijau. Kamera diletakkan dalam kotak guna mengurangi intensitas cahaya eksternal, digunakan untuk mengambil citra buah kopi kemudian citra buah kopi akan dipisahkan dengan *background* dengan metode segmentasi warna *hue, saturation, value* (HSV). Selanjutnya citra buah kopi diekstraksi untuk mendapatkan nilai setiap warna dengan parameter *red, green, blue* (RGB) dan HSV guna membentuk model klasifikasi metode *support vector machine* (SVM). Parameter SVM optimum yaitu *cost* (C)= 10,0 dan *gamma* (γ)= 0,001. Prototipe yang dibangun berbentuk persegi panjang dengan panjang 70 cm, lebar 10 cm dan tinggi 12 cm. Komponen penyortir yaitu servo yang memutar ke sudut 90° untuk klasifikasi “matang”, sudut 45° untuk klasifikasi “matang setengah” dan sudut 135° untuk klasifikasi “mentah” sedangkan *conveyor belt* digerakkan oleh motor DC 12 V. Meskipun pada proses prediksi perangkat lunak terdapat kesalahan prediksi namun perangkat keras telah bekerja dengan baik ditandai dengan *servo* berhasil memutar *link* ke sudut yang telah ditentukan sesuai hasil prediksi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem penyortir buah kopi arabika berdasarkan kematangannya berhasil dibangun.

Kata Kunci: Prototipe, Kopi Arabika, Penyortir, Kematangan, *Support Vector Machine*

Prototype of Arabica Coffee Sorting System Based on Maturity Level Using Support Vector Machine

Abstract

One of the processes to improve the quality of coffee is to select ripe and unripe coffee fruits after harvesting by manually picking them one by one. However, this method has a weakness which is the inconsistency of the sorting results due to subjective factors and the intensity of light. As a solution, this study designed a prototype tool to sort coffee fruits based on their maturity. Mature coffee is marked with a red color, semi-mature coffee with a reddish-yellow color, and raw coffee with a green color. A camera is placed in a box to reduce external light intensity, used to capture images of coffee fruits which are then separated from the background using hue, saturation, value (HSV) color segmentation method. The coffee fruit image is then extracted to obtain the value of each color with the red, green, blue (RGB) and HSV parameters to form a classification model using the support vector machine (SVM) method. The optimum SVM parameters are *cost* (C) = 10.0 and *gamma* (γ) = 0.001. The prototype is rectangular with a length of 70 cm, a width of 10 cm, and a height of 12 cm. The sorting component is a servo that rotates to a 90° angle for the "ripe" classification, a 45° angle for the "semi-mature" classification, and a 135° angle for the "raw" classification, while the conveyor belt is driven by a 12 V DC motor. Although there were prediction errors in the software prediction process, the hardware successfully worked, as evidenced by the servo successfully rotating to the predicted angle. Therefore, it can be concluded that a prototype coffee fruit sort system based on its maturity for arabica coffee has been successfully built.

Keywords: Prototype, Arabica Coffee, Sort, Maturity, Support Vector Machine.

I. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditi perkebunan yang memegang peranan yang cukup penting dalam peranan perekonomian Indonesia. Selain sebagai produk ekspor, juga berperan sebagai kontribusi berupa penghasil devisa negara, sumber penghasilan petani, menciptakan lapangan pekerjaan dan mendorong pertumbuhan sektor agribisnis serta agroindustri. Baik buruknya mutu kopi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sarana pengolahan, pengawasan mutu dan penerapan teknologi pada proses pengolahan kopi [1]. Perubahan warna pada buah kopi memberikan informasi terkait tingkat kematangannya. Buah kopi arabika berwarna hijau menandakan usia muda, berwarna kekuningan sampai kemerahan menandakan usia setengah tua, berwarna merah terang hingga merah gelap menandakan sudah tua dan siap untuk dipanen [2], [3]. Pengolahan buah kopi dapat meliputi proses sortasi buah dan proses pemisahan kulit buah dengan biji. Proses sortasi buah dilakukan dengan memilah buah kopi berdasarkan tingkat kematangannya.

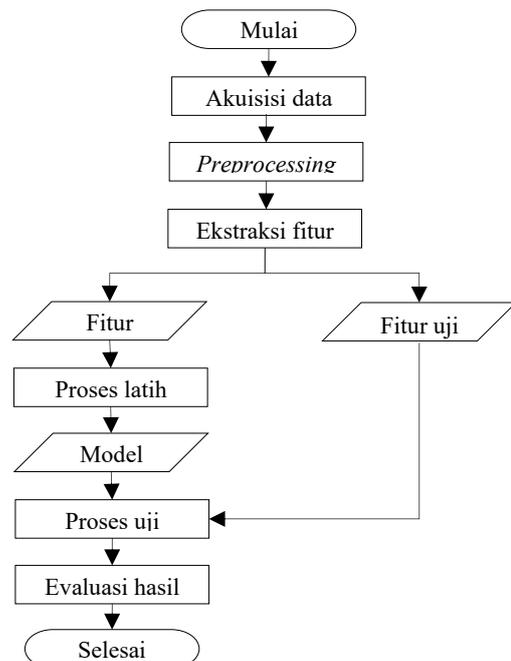
Kopi arabika banyak dibudidayakan di daerah Tana Toraja dan Toraja Utara. Salah satu kendala yang dihadapi petani kopi arabika mengenai mutu adalah tidak konsistennya tingkat kematangan buah kopi yang dihasilkan. Kendala tersebut terjadi karena para petani cenderung melakukan panen racutan yang dianggap lebih cepat dibanding dengan panen secara selektif. Padahal tingkat kematangan buah kopi yang seragam merupakan kriteria yang penting dalam menyeleksi kopi sehingga dapat menghasilkan mutu kopi yang baik. Pasca panen, barulah proses sortasi buah kopi dilakukan. Buah yang matang dipisahkan dengan buah yang belum matang satu per satu secara tradisional yaitu dengan mengandalkan penglihatan pada manusia (subjektif). Cara tersebut membutuhkan tambahan waktu ekstra dan memberikan hasil sortasi yang berbeda-beda.

Di era revolusi 4.0 menuntut peralihan pekerjaan dimigrasikan ke proses digitalisasi. Berbagai cara dilakukan untuk mendigitalisasikan objek agar dapat diproses menggunakan komputer [4], [5]. *Computer vision* merupakan salah satu bidang ilmu yang mempelajari bagaimana membuat komputer mampu melihat objek dan merubahnya kedalam format digital untuk diproses dan menampilkannya secara visual [6]. Pada penelitian ini akan diimplementasikan salah satu metode *computer vision* yaitu *image processing* khususnya pada proses sortasi buah pasca panen. *Image processing* merupakan metode pada bidang *computer vision* yang digunakan untuk memproses citra, baik untuk memperbaiki kualitas, menyeleksi objek dan sebagainya [7]. Dengan teknik *image processing*, warna buah kopi yang menandakan tingkat kematangannya didigitalisasikan untuk diproses pada komputer kemudian diklasifikasikan menggunakan metode *support vector machine* (SVM). Metode SVM digunakan untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan ciri dari objek yang telah dilatih sebelumnya. Metode SVM merupakan salah satu metode *supervised learning* dimana proses pengklasifikasian membutuhkan *training data* [8]–[11].

Beberapa peneliti telah menciptakan berbagai macam mesin untuk menunjang upaya manusia dalam memproses buah. Sebelumnya, mesin penyortir untuk buah seperti apel, mangga, kentang, jeruk, dan lain-lain sudah dirancang dan telah dibuat. Ahmadi dkk, merancang sebuah mesin penyortir buah bulat yang menggunakan *conveyor belt* dan mekanisme *belt-and-roller*, serta ditenagai oleh dua motor listrik 0,37 kW. Mesin tersebut juga menggunakan *gearbox* dengan tiga kecepatan putar berbeda dan menghasilkan akurasi penyortiran sebesar 95,28% dan 92,48% untuk dua jenis apel dan 94,28% untuk jeruk [12]. Di sisi lain, Kamthe dkk, merancang sebuah sistem serupa untuk mengelompokkan berbagai jenis bawang, menggunakan parameter berupa kecepatan *putar conveyor* dan *feeding rate*. Efisiensi maksimum dari sistem tersebut dicapai pada kecepatan 55 rpm dan *feeding rate* 125kg/jam [13]. Selanjutnya, Adamu dkk, berhasil menciptakan sebuah sistem yang dapat mendeteksi dan mengklasifikasi berbagai jenis buah, termasuk mangga, jeruk, lemon, apel, dan tomat, dengan akurasi sebesar 90% [14]. Pada penelitian ini akan dikembangkan mesin serupa untuk menyortir buah kopi arabika berdasarkan tingkat kematangannya yakni mentak, setengah matang dan matang.

Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan perangkat lunak dengan metode SVM dan mengimplementasikannya pada perangkat keras yang dibangun sebagai gambaran awal sistem penyortir buah kopi. Harapan dari penelitian ini agar proses sortasi konvensional didukung dengan penggunaan teknologi sehingga hasil sortasi menjadi lebih akurat serta meminimalisir kesalahan sortasi buah.

II. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Metode Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi akuisisi data, *preprocessing*, ekstraksi fitur, proses latih, proses uji dan evaluasi model. Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

A. Akuisisi Data

Akuisisi data merupakan proses pengumpulan data yang diolah pada penelitian ini. Data yang digunakan yaitu citra buah kopi arabika yang terdiri dari tiga tingkat kematangan antara lain mentah, matang setengah dan matang. Total dari citra buah kopi arabika yang digunakan sebanyak 150 citra yang nantinya akan dibagi untuk 80% data latih. Data latih ini akan diolah terlebih dahulu untuk menghasilkan ciri atau fitur yang akan digunakan dalam proses uji. Sedangkan 20% untuk data uji yang akan diproses dan dicocokkan dengan data latih untuk menguji model sistem yang dibangun. Gambar 2 memperlihatkan citra yang digunakan.



Gambar 2. Tingkat Kematangan Buah Kopi Arabika

B. Preprocessing

Citra buah kopi yang telah dikumpulkan selanjutnya dilakukan proses *resize* guna mendapatkan ukuran citra yang seragam dan meyeragamkan kecerahan citra karena saat pengambilan citra dipengaruhi oleh cahaya eksternal.

C. Ekstraksi Fitur Warna

Ekstraksi fitur merupakan proses mengambil ciri atau fitur pada sebuah objek. Dalam penelitian ini fitur yang digunakan adalah fitur warna buah kopi. Fitur warna dipilih karena warna pada buah kopi merupakan indikasi yang menandakan tingkat kematangannya. Citra yang diambil menggunakan kamera terdiri dari komponen penyusun warna dasar yaitu *red*, *green* dan *blue* (RGB). Agar dapat mengurangi efek iluminasi pada citra buah kopi, maka citra buah kopi tersebut dapat dikonversi ke ruang warna yang lain. Salah satu ruang warna yang dapat digunakan adalah ruang warna *hue*, *saturation* dan *value* (HSV). *Hue* menunjukkan jenis warna yang ada atau corak warna misalnya hijau, kuning atau merah. *Saturation* menunjukkan tingkat dominasi kemurnian dari warna sedangkan *value* menunjukkan ukuran kecerahan warna pada citra [15].

Sebelum mentransformasikan citra ruang warna RGB ke ruang warna HSV, maka terlebih dahulu harus diketahui nilai maksimum dan nilai minimum tiap warna citra RGB. Nilai maksimum dan minimum citra RGB dapat diketahui menggunakan Persamaan 1, sedangkan untuk menentukan nilai HSV dapat menggunakan Persamaan 2 sampai Persamaan 4 [16].

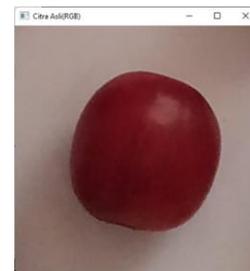
$$\begin{aligned}
 C \max &= \max (R, G, B) \\
 C \min &= \min (R, G, B) \\
 C &= C \max - C \min
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$H = \begin{cases} 0, & \text{jika } C \max = C \min \\ 60 \left(\frac{G-B}{C} \right), & \text{jika } C \max = R \\ 60 \left(\frac{B-R}{C} + 2 \right), & \text{jika } C \max = G \\ 60 \left(\frac{R-G}{C} + 4 \right), & \text{jika } C \max = B \end{cases}
 \tag{2}$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } C \max = 0 \\ \frac{C}{C \max}, & \text{jika } C \max \neq 0 \end{cases}
 \tag{3}$$

$$V = C \max
 \tag{4}$$

Misalkan citra buah kopi matang seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Citra RGB Buah Kopi Matang

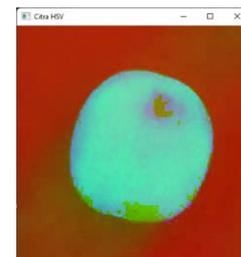
Dengan menggunakan operasi *Numpy* pada *Python* untuk menghitung nilai rata-rata komponen RGB, maka citra buah kopi pada gambar 3 dapat diketahui nilai R = 134,83; G = 96,59 dan B = 94,04. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan 1 maka diperoleh nilai C max = 134,83; C min = 94,04 dan C = 40,79, sedangkan untuk menghitung nilai HSV digunakan Persamaan 2 sampai Persamaan 4.

$$\begin{aligned}
 H &= 60 \left(\frac{96,59-94,04}{40,79} \right) \\
 &= 3,75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= 60 \left(\frac{40,79}{134,83} \right) \\
 &= 0,3
 \end{aligned}$$

$$V = 134,83$$

Hasil konversi citra RGB ke citra HSV diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Citra HSV Buah Kopi Matang

Potongan *script* untuk menghitung nilai komponen RGB dan HSV ditunjukkan pada Gambar 5.

```

#normalisasi RGB skala 0 s/d 1
R=np.average(red)/255
G=np.average(green)/255
B=np.average(blue)/255

Nmax = (R,G,B)
Nmin = (R,G,B)
Cmax = np.max(Nmax)
Cmin = np.min(Nmin)
C = Cmax - Cmin
if(Cmax == Cmin):
    H = 0
elif(Cmax == R):
    H = 60*((G-B)/C)
elif(Cmax == G):
    H = 60*((B-R)/C+2)
elif(Cmax == B):
    H = 60*((R-G)/C+4)
else:
    H = 0
H = H/6 #normalisasi H skala 0 s/d 1
if(Cmax != 0):
    S = C/Cmax
else:
    S = 0
V = Cmax

```

Gambar 5. Script Menentukan Nilai RGB dan HSV

Berdasarkan beberapa kali percobaan maka ditentukanlah nilai minimum (*lower*) dan maksimum (*upper*) komponen HSV yang optimum sebagai nilai ambang batas. Nilai minimum dan maksimum yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *Lower* dan *Upper* HSV

Nilai	Hue	Saturation	Value
<i>Lower</i>	0	60	10
<i>Upper</i>	70	255	255

Proses ekstraksi fitur dilakukan terhadap semua data latih untuk mendapatkan fitur warna kelas kopi matang, matang setengah dan mentah. Kemudian fitur warna tiap kelas tersebut disimpan sebagai fitur data latih yang nantinya akan digunakan untuk pembentukan model klasifikasi pada proses uji.

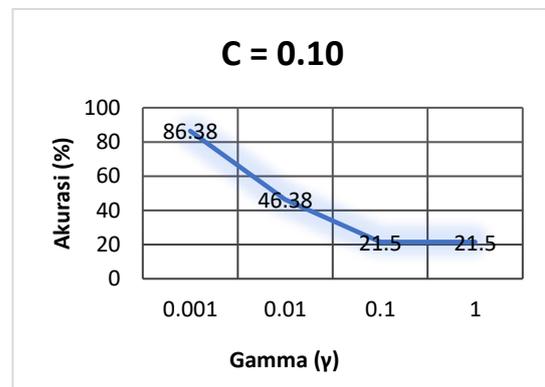
D. Klasifikasi Menggunakan Metode *Support Vector Machine*

Klasifikasi merupakan tahap akhir pada proses pembangun model perangkat lunak. Metode yang digunakan adalah metode *support vector machine* (SVM). SVM merupakan algoritma penyelesaian masalah pengklasifikasian dengan mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas pada ruang *input*. Tujuan pengklasifikasian SVM adalah untuk melakukan pelatihan dengan menggunakan data latih dan melakukan generalisasi untuk memprediksi label kelas data uji [8]. Ketika terdapat data yang tidak terpisah secara linear dalam ruang *input* (tidak dapat menemukan *hyperplane* terbaik), maka fungsi kernel dapat digunakan untuk mentransformasi data ke ruang berdimensi lebih tinggi yang disebut sebagai ruang kernel [11]. Algoritma SVM memiliki empat fungsi kernel yaitu kernel *linear*, *radial basic function* (RBF), *sigmoid* dan

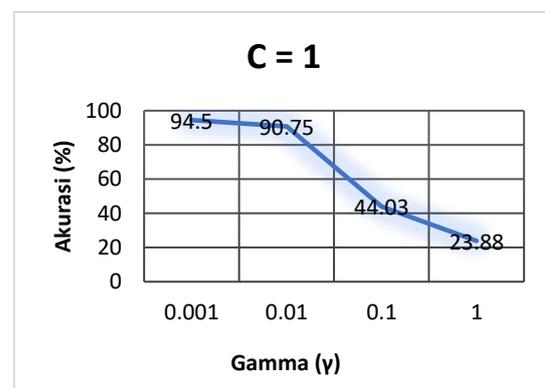
polynomial. Proses pelatihan bertujuan untuk memberikan model berdasarkan data pelatihan untuk memprediksi label kelas dari data uji dengan mencari kombinasi parameter terbaik. Parameter dalam SVM yaitu *cost* (C) yang menandakan jarak *margin* dan *gamma* (γ) untuk percepatan fungsi pada kernel [8].

Pembentukan model SVM dilakukan dengan *trial and error* dengan memberikan nilai parameter secara bergantian dan mengamati akurasi yang dihasilkan. Citra buah kopi yang telah diekstraksi sebelumnya digunakan sebagai data latih pada proses pembentukan model SVM. Data uji juga terlebih dahulu diekstraksi seperti halnya data latih kemudian fitur data uji yang akan diklasifikasikan atau menguji model SVM yang dibangun. Kernel yang digunakan ialah kernel RBF, nilai parameter C yaitu 0,10; 1,00; 10,0; 100,0 dan nilai parameter γ yaitu 0,001; 0,01; 0,1; 1,0.

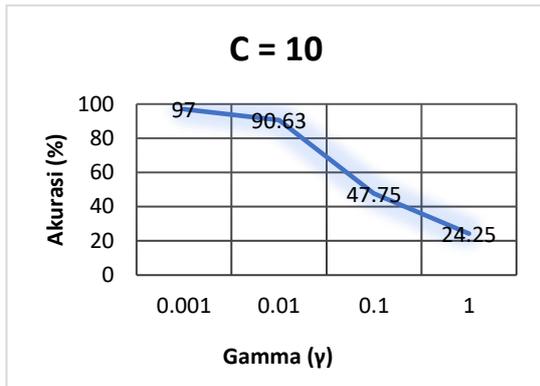
Akurasi dari model yang diuji secara independen dibandingkan kemudian memilih akurasi tertinggi sebagai model terbaik. Visualisasi hasil dari kombinasi parameter ditunjukkan pada Gambar 6(a), 6(b), 6(c), dan 6(d).



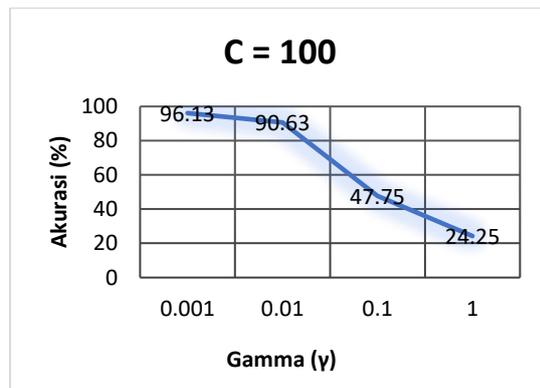
(a) Kinerja Parameter Kombinasi Pertama



(b) Kinerja Parameter Kombinasi Kedua



(c) Kinerja Parameter Kombinasi Ketiga



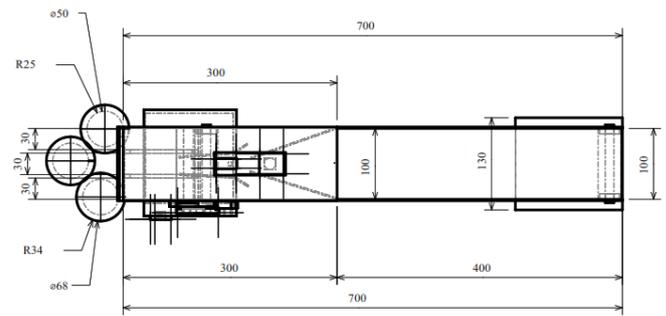
(d) Kinerja Parameter Kombinasi Keempat

Gambar 6. Perbandingan Kinerja Model SVM

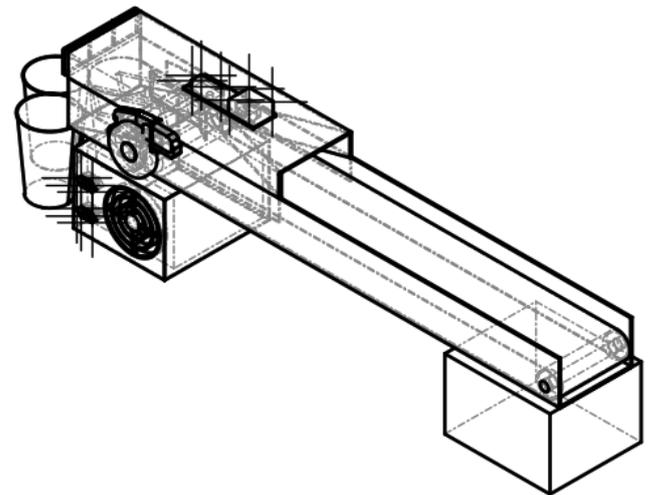
Berdasarkan unjuk kerja dari 16 kombinasi parameter dapat dinyatakan bahwa parameter *gamma* (γ) sangat mempengaruhi kinerja dari model SVM yang dibangun. Gambar 6 membuktikan bahwa semakin besar nilai *gamma* (γ) yang digunakan maka kinerja dari model yang dibangun semakin rendah. Kinerja terbaik diperoleh dengan menggunakan nilai $C = 10$ dan nilai *gamma* (γ) = 0,001 dengan unjuk kerja sebesar 97,00% seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6.c.

E. Perangkat Keras Prototipe Sistem Penyortir Buah Kopi

Setelah memperoleh model perangkat lunak, maka selanjutnya dilakukan perakitan perangkat keras dalam bentuk prototipe yang akan digunakan untuk mengimplementasikan model perangkat lunak. Alat dan bahan yang digunakan yaitu kamera B-pro 5a dengan resolusi 720p, power supply 12V 10A, sensor cahaya, *converter DC to DC (stepdown)*, motor DC, *servo*, *conveyor belt*, akrilik, besi siku 300 x 3 x 3 cm, mur dan baut. Model prototipe yang dibangun berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 70 cm, lebar 10 cm dan tinggi 12 cm. Desain model perangkat keras yang dibangun diperlihatkan pada Gambar 7(a) dan Gambar 7(b).



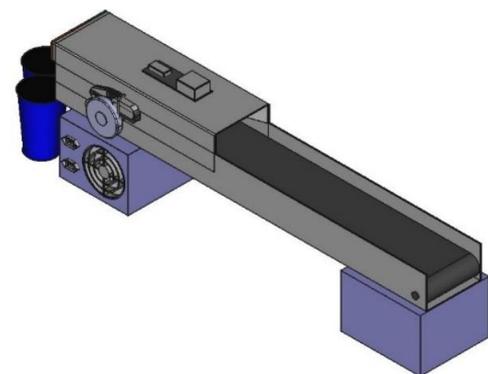
(a) Tampak Atas



(b) Tampak Isometrik

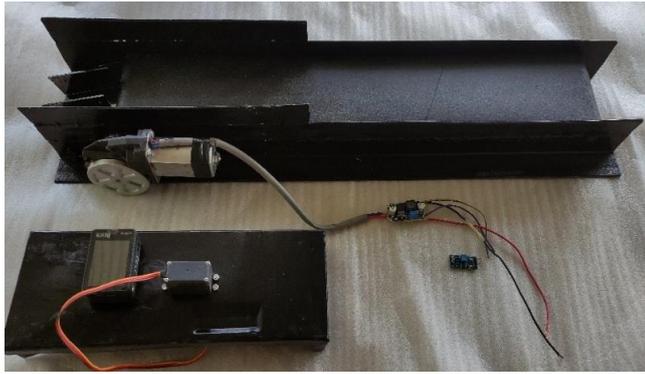
Gambar 7. Desain Prototipe Penyortir Buah Kopi

Bentuk 3 dimensi dari desain model perangkat keras mesin penyortir buah kopi diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain 3D Model Prototipe Penyortir Buah Kopi

Selanjutnya desain perangkat keras diimplementasikan dengan membangun mesin penyortir. Gambar 9 menunjukkan prototipe mesin penyortir buah kopi yang telah dibangun.



Gambar 9. Prototipe Penyortir Buah Kopi

Kamera digunakan untuk menangkap citra buah kopi yang dibawa oleh *conveyor* ke dalam sebuah kotak dengan ukuran 30 x 10 x 10 cm. Ketika buah kopi melewati sensor cahaya (buah kopi lewat di antara *transmitter* dan *receiver* yang dipasang terpisah), maka sensor akan melakukan *trigger* ke *controller* untuk memerintahkan kamera mengambil citra buah kopi. Hal tersebut ditujukan agar sistem tidak selalu melakukan proses komputasi ketika tidak terdeteksi buah kopi pada *conveyor* (depan kamera). Penggunaan kotak dimaksudkan untuk mengurangi intensitas cahaya eksternal. *Conveyor belt* digerakkan menggunakan motor DC 12 V yang dilengkapi dengan *gearbox* untuk meningkatkan daya putar (torsi). Motor *servo* diletakkan berdekatan dengan kamera dalam kotak dimana pada kepala servo dilengkapi dengan *link* yang digunakan untuk mengubah jalur keluar dari buah kopi berdasarkan hasil klasifikasi. Jika hasil klasifikasi kelas buah kopi “matang” maka *servo* bergerak ke sudut 90°, jika hasil klasifikasi “matang setengah”, maka servo akan bergerak ke sudut 45° serta *servo* akan bergerak ke sudut 135° jika hasil klasifikasi “mentah”. *Power supply* 12V 10A digunakan sebagai sumber daya untuk memberi tegangan pada prototipe penyortir buah kopi.

F. Pengujian Prototipe Sistem Penyortir Buah Kopi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase keberhasilan sistem dalam menyortir buah kopi. Pengujian dilakukan dengan 30 citra buah kopi dimana masing-masing kelas terdiri dari 10 citra buah kopi. Gambar 10 a, b, c, d memperlihatkan proses pengujian.



(c)



(d)

Gambar 10. Proses Pengujian Prototipe Sortasi Buah Kopi

Hasil pengujian sistem prototipe penyortir buah kopi secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Penyortir Buah Kopi

No	Data Aktual	Hasil Prediksi	Sudut Pergerakan Servo
1	MG	MS	45°
2	MG	MG	90°
3	MG	MG	90°
4	MG	MG	90°
5	MG	MG	90°
6	MG	MG	90°
7	MG	MG	90°
8	MG	MS	45°
9	MG	MG	90°
10	MG	MG	90°
11	MS	MG	90°
12	MS	MS	45°
13	MS	MS	45°
14	MS	MS	45°
15	MS	MS	45°
16	MS	MS	45°
17	MS	MG	90°
18	MS	MS	45°
19	MS	MS	45°
20	MS	MS	45°
21	MH	MH	135°
22	MH	MH	135°
23	MH	MH	135°
24	MH	MH	135°
25	MH	MH	135°
26	MH	MH	135°
27	MH	MH	135°

28	MH	MH	135°
29	MH	MH	135°
30	MH	MH	135°

Keterangan:

- MH = Mentah
- MS = Matang Setengah
- MG = Matang

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang diperlihatkan pada Tabel 2, maka dapat dikatakan bahwa meskipun pada proses prediksi oleh perangkat lunak terdapat kesalahan prediksi namun perangkat keras prototipe penyortir buah kopi telah bekerja sesuai dengan hasil prediksi. Dalam hal ini *servo* telah berhasil bergerak ke sudut yang sesuai untuk menyortir buah kopi berdasarkan hasil prediksi perangkat lunak. Kinerja dari sistem yang dibangun dapat diketahui dengan menggunakan metode *confusion matrix* seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Confusion Matrix*

		Prediksi		
		MH	MS	MG
Aktual	MH	25	0	0
	MS	0	15	10
	MG	0	0	25

Maka akurasi yang diperoleh yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{TP}{\text{jumlah data}} * 100\% \\
 &= \frac{25+15+25}{75} * 100\% \\
 &= \frac{65}{75} * 100\% \\
 &= 86,67\%
 \end{aligned}$$

IV. KESIMPULAN

Dari hasil rancang bangun yang telah dilakukan dan pengujian sistem secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem penyortir buah kopi arabika berdasarkan tingkat kematangannya menggunakan metode *support vector machine* telah berhasil dibangun. Model SVM yang digunakan yaitu dengan parameter $C= 10,0$ dan $\gamma= 0,001$. Sedangkan pada perangkat keras dibangun dengan alat dan bahan antara lain kamera B-pro 5a dengan resolusi 720p, *power supply* 12V 10A, sensor cahaya, *converter DC to DC (stepdown)*, motor DC, *servo*, *conveyor belt*, akrilik, besi siku 300 x 3 x 3 cm, mur dan baut. Model prototipe yang dibangun berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 70 cm, lebar 10 cm dan tinggi 12 cm. Komponen penyortir yaitu *servo* yang bergerak ke sudut 90° untuk kelas buah kopi

“matang”, sudut 45° untuk hasil klasifikasi “matang setengah” dan sudut 135° untuk hasil klasifikasi “mentah”. Akurasi dari sistem yang dibangun yakni 86,67%.

REFERENSI

- [1] P. Raharjo, *Berkebun Kopi*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2017.
- [2] S. Raysyah, V. Arinal, and D. I. Mulyana, “Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Deteksi Warna Menggunakan Metode KNN dan PCA,” *JSII J. Sist. Inf.*, pp. 88–95, Sep. 2021, doi: 10.30656/jsii.v8i2.3638.
- [3] M. R. Irfan, B. Fatkhurrozi, and I. Setyowati, “Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Menggunakan Algoritma Fuzzy C – Means,” *J. Electr. Eng.*, p. 7, 2021.
- [4] B. Prasetyo and U. Trisyanti, “Revolusi Industri 4.0 dan Tantangan Perubahan Sosial,” *IPTEK Journal of Proceedings Series*, (5) <https://iptek.its.ac.id/index.php/jps/article/view/4417> (accessed Sep. 26, 2022).
- [5] Seema, A. Kumar, and G. S. Gill, “Automatic Fruit Grading and Classification System Using Computer Vision: A Review,” in *2015 Second International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering*, May 2015, pp. 598–603. doi: 10.1109/ICACCE.2015.15.
- [6] A. P. W. Wibowo, “Implementasi Teknik Computer Vision Dengan Metode Colored Markers Trajectory Secara Real Time,” *Jurnal Teknik Informatika*, Vol. 8(1), 2016, pp. 38-42. <https://ejournal.poltekpos.ac.id/index.php/informatika/article/view/44> (accessed Sep. 26, 2022).
- [7] P. N. Andono, T. Sutojo, Muljono, *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2017. <https://books.google.co.id/books?id=zUJRDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> (accessed Oct. 08, 2022).
- [8] I. Indrabayu, N. Arifin, and I. S. Areni, “Strawberry Ripeness Classification System Based On Skin Tone Color using Multi-Class Support Vector Machine,” in *2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, Jul. 2019, pp. 191–195. doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938457.
- [9] N. Astrianda, “Klasifikasi Kematangan Buah Tomat Dengan Variasi Model Warna Menggunakan *Support Vector Machine*,” *VOCATECH Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 1, pp. 45–52, Apr. 2020, doi: 10.38038/vocatech.v1i2.27.
- [10] “Multi class Support Vector Machines classifier for machine vision application.” <https://ieeexplore.ieee.org/document/6428794/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [11] C.-W. Hsu, C.-C. Chang, and C.-J. Lin, “A Practical Guide to Support Vector Classification,” p. 16.

- [12] V. Ahmadi, P. Ziyae, P. Bazayr, and E. Cavallo, "Development and Testing of a Low-Cost Belt- and-Roller Machine for Spheroid Fruit Sorting," *AgriEngineering*, vol. 2, pp. 596–606, Dec. 2020, doi: 10.3390/agriengineering2040040.
- [13] C. S. Nandi, B. Tudu, and C. Koley, "An automated machine vision based system for fruit sorting and grading," in *2012 Sixth International Conference on Sensing Technology (ICST)*, Dec. 2012, pp. 195–200. doi: 10.1109/ICSensT.2012.6461669.
- [14] Y. Adamu, A. A. Adamu, S. I. Kolo, and A. W. Nnanna, "Development of an Automated Fruit Sorting Machine using an Embedded System (Arduino Mega Based)," vol. 10, no. 6, 2019.
- [15] M. Wibawa, M. Rahman, and A. W. Widodo, "Penerapan Ruang Warna HSV dan Ekstraksi Fitur Tekstur Local Binary Pattern Untuk Tingkat Kematangan Sangrai Biji Kopi," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5(7), pp. 2819-2825. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/8945> (accessed Nov. 30, 2022).
- [16] I. S. Areni, I. Amirullah, and N. Arifin, "Klasifikasi Kematangan Stroberi Berbasis Segmentasi Warna dengan Metode HSV," *J. Penelit. Enj.*, vol. 23, no. 2, Art. no. 2, Nov. 2019, doi: 10.25042/jpe.112019.03.