

PERANCANGAN SISTEM SORTIR BUAH APEL BERBASIS ARDIUNO DENGAN MENGGUNAKAN KAMERA SEBAGAI SENSOR

Galih Ar Rohman¹, Anang Habibi², Oktriza Melfazen³

^{1,2,3}Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Islam Malang, Mayjen Haryono Street No.193, Malang, Indonesia

21801053018@unisma.ac.id¹, anang.habibi@unisma.ac.id², oktriza.melfazen@unisma.ac.id³

Abstract

This study aims to design an automatic sorting system for Anna apples based on Arduino using a camera as the primary sensor. The system integrates machine learning technology with *Teachable Machine* and the p5.js library to detect and classify apples based on their ripeness level. A webcam analyzes the apple skin color as a ripeness indicator, and the classification results are sent to Arduino to control a servo motor that directs the apples to the appropriate container. The conveyor belt is driven by a 5V DC gearbox motor, with its speed adjusted to ensure accurate detection without stopping the conveyor belt. This prototype is designed for educational and research purposes, offering an efficient solution for visual fruit sorting. Testing results show that the system can sort apples based on ripeness categories with adequate accuracy. This implementation is expected to serve as a foundation for developing AI-based automatic sorting technology for small to medium-scale applications.

Keywords— Arduino, Anna apples, Teachable Machine, p5.js, automatic sorting system.

Abstraksi

Penelitian ini bertujuan merancang sistem sortir otomatis untuk buah apel Anna berbasis Arduino dengan menggunakan kamera sebagai sensor utama. Sistem ini mengintegrasikan teknologi *machine learning* menggunakan *Teachable Machine* dengan pustaka p5.js untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan apel berdasarkan tingkat kematangan. Kamera webcam menganalisis warna kulit apel sebagai indikator kematangan, dan hasil klasifikasi dikirimkan ke Arduino untuk mengendalikan motor servo yang mengarahkan apel ke wadah sesuai kategori. *Conveyor belt* digerakkan oleh motor DC gearbox, dengan kecepatan yang disesuaikan untuk memastikan proses deteksi berjalan akurat tanpa menghentikan *conveyor belt*. Prototipe ini dirancang untuk keperluan pendidikan dan penelitian, menawarkan solusi efisien dalam penyortiran buah secara visual. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu memilah apel berdasarkan kategori kematangan dengan tingkat akurasi yang memadai. Implementasi ini diharapkan menjadi dasar pengembangan teknologi sortir otomatis berbasis AI untuk aplikasi skala kecil hingga menengah.

Kata Kunci— Arduino, apel Anna, Teachable Machine, p5.js, sistem sortir otomatis.

I. PENDAHULUAN

Apel [1] merupakan salah satu buah-buahan yang memiliki banyak penggemar dengan kandungan vitamin seperti tinggi serat, vitamin C, dan berbagai macam antioksidan. [2] Satu buah apel diketahui mengandung 95 kalori, yang sebagian besarnya berasal dari kandungan karbohidrat di dalamnya. Apel anna [3] merupakan salah satu varietas apel yang dikembangkan di Kota Batu, Malang dan berkembang di beberapa wilayah yang memiliki iklim yang sesuai untuk pertumbuhan apel [3]. pemilahan manual buah apel memerlukan waktu dan tenaga yang besar, sehingga inovasi dalam sistem sortir otomatis menjadi solusi yang menjanjikan [4]. Menurut [5] Sistem sortir otomatis dipandang sebagai solusi yang menjanjikan, terutama dengan integrasi teknologi kecerdasan buatan (AI) berbasis

Machine Learning. Teknologi ini memungkinkan klasifikasi visual buah secara cepat dan akurat, dengan menggunakan fitur seperti warna dan tekstur untuk menilai kualitas serta mendeteksi cacat tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Salah satu alat yang mendukung pengembangan sistem sortir berbasis kecerdasan buatan adalah *Teachable Machine* dari Google, yang menyediakan *platform* intuitif untuk melatih model *Machine Learning* secara sederhana dan efisien [6].

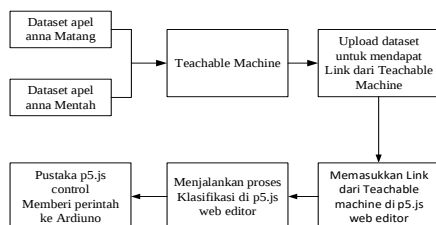
berdasar pada penelitian [7] “Pemanfaatan *Machine Learning* dalam Berbagai Bidang: Review paper” mengenai penggunaan *Machine Learning* proses pembelajaran yang dimaksud adalah suatu usaha dalam memperoleh kecerdasan yang melalui dua tahap antara lain latihan (*training*) dan pengujian (*testing*). Penelitian ini memanfaatkan *Teachable Machine* sebagai media pembelajaran

gambar. Menurut [8] menjelaskan penggunaan *Teachable Machine* sebagai *Machine Learning*. *Teachable Machine* (*Teachable Machine.with google.com*) adalah alat antarmuka berbasis web yang memungkinkan pembuatan model klasifikasi *Machine Learning* custom tanpa keahlian teknis khusus *Machine Learning*. memungkinkan sistem untuk menganalisis data tanpa pemrograman khusus. Alat ini dibuat untuk membantu perancang, dan lainnya belajar tentang *Machine Learning* dengan membuat dan menggunakan model klasifikasi mereka sendiri.

Sedangkan penggunaan [9] *platform* p5.js web editor memungkinkan pengembangan aplikasi yang menggabungkan pembelajaran mesin dengan visualisasi data. Dengan integrasi *Teachable Machine*, pengguna dapat dengan mudah membuat klasifikator gambar yang dapat diimplementasikan dalam aplikasi berbasis web. Selain itu, pustaka p5.js Control memfasilitasi pengontrolan perangkat *hardware* arduino melalui aplikasi p5.js [10]. Arduino kemudian mengontrol aktuator, seperti motor servo, untuk memilah apel sesuai kategori yang telah ditentukan berdasarkan tingkat kematangannya. Melihat dari permasalahan tersebut maka penulis ingin membuat sebuah : “Perancangan Sistem sortir buah apel berbasis arduino dengan menggunakan Kamera sebagai sensor”. Dengan harapan dapat membantu para petani buah apel anna dalam melakukan penyortiran. Dengan dibuatnya alat tersebut diharapkan dapat membantu kerja petani apel saat panen.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen dan analisis data. Penelitian ini memanfaatkan kamera sebagai sensor menggunakan *Teachable Machine* untuk pembelajaran objek dan penggunaan p5.js web editor sebagai *platform* untuk klasifikasi gambar agar bisa mengirimkan label data yang bisa dibaca arduino untuk selanjutnya arduino menggerakkan servo pemilah. Metode ini terdiri dari beberapa tahap seperti berikut:

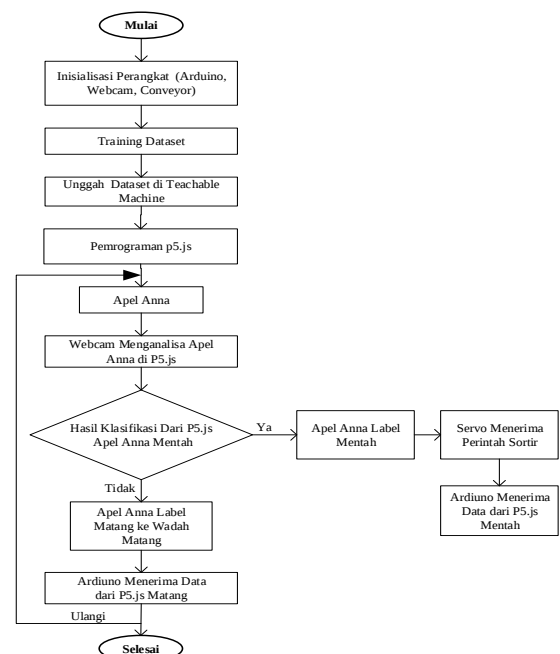


Gambar 1 Diagram Pelatihan Gambar

Pada gambar 1 diatas, Sistem klasifikasi apel anna dimulai dengan pengumpulan *dataset* yang terdiri dari gambar apel matang dan mentah.

Dataset ini diperoleh melalui dua sumber, yaitu pengambilan gambar apel menggunakan kamera dan pengunduhan dataset apel Anna yang relevan dari Kaggle.com untuk melengkapi data pelatihan. Jumlah dataset yang digunakan masing-masing adalah 500 gambar untuk label apel mentah dan 500 gambar untuk label apel matang.

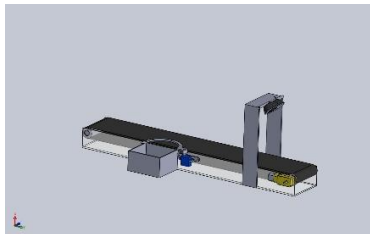
Kamera menganalisis gambar apel menggunakan model yang dilatih dengan tingkat kepercayaan (Confidence) minimal 70% sebagai ambang batas klasifikasi. Apel dikategorikan sebagai mentah jika Confidence kategori mentah $\geq 70\%$. Apel dengan Confidence di bawah ambang batas untuk kedua kategori dianggap matang. Hasil klasifikasi dikirimkan dari p5.js ke Arduino. yang mengontrol motor servo untuk memisahkan apel berdasarkan kategori matang atau mentah. Integrasi ini memungkinkan proses klasifikasi dan pemisahan apel berjalan secara otomatis.



Gambar 2 Flowchart Penyortiran Apel

Pada flowchart diatas menjelaskan alur proses penyortiran Sistem klasifikasi apel Anna dimulai dengan mengaktifkan perangkat dan menyiapkan sistem untuk menjalankan proses otomatisasi. Perangkat yang digunakan, seperti Arduino, webcam, dan conveyor belt, diinisialisasi dan dikalibrasi. Webcam bertugas mengambil gambar apel, sementara conveyor belt mengangkut apel ke posisi untuk dilakukan klasifikasi. Model klasifikasi dilatih sebelumnya menggunakan *dataset* gambar apel matang dan mentah. Dataset ini diunggah ke *platform Teachable Machine* untuk melatih model *Machine Learning*. Setelah proses

pelatihan selesai, model diekspor dalam bentuk link *TensorFlow.js* dan diintegrasikan ke pustaka *p5.js*. Selama proses klasifikasi, apel yang diletakkan pada *conveyor belt* dibawa ke depan webcam untuk diambil gambarnya. Gambar tersebut dianalisis oleh *p5.js* menggunakan model yang telah dilatih. Berdasarkan analisis, sistem menentukan tingkat kematangan apel dengan tingkat kepercayaan (Confidence) minimal 70%. Jika Confidence untuk kategori tertentu memenuhi ambang batas, apel diklasifikasikan sebagai matang atau mentah. Hasil klasifikasi ini dikirimkan ke Arduino untuk mengontrol motor servo yang akan memindahkan apel ke jalur yang sesuai. Apel yang diklasifikasikan sebagai mentah diarahkan ke jalur khusus untuk apel mentah, sementara apel matang diarahkan ke jalur khusus untuk apel matang. Setelah semua apel diproses, sistem kembali siap memulai siklus klasifikasi berikutnya. Dengan alur ini, sistem mampu menyortir apel secara otomatis berdasarkan tingkat kematangan.



Gambar 3 Desain Conveyor Belt penyortiran

Perancangan dan pembuatan conveyor belt untuk sistem sortir apel dimulai dengan menentukan ukuran, yaitu panjang 40 cm dan lebar 10 cm. Selanjutnya, dilakukan desain mekanik untuk mengatur tata letak komponen utama seperti Motor Servo SG90 sebagai penyortir, kamera webcam untuk deteksi gambar, dan Arduino sebagai pengontrol sistem. Desain ini dirancang untuk mendukung fungsi utama sistem dengan memastikan kekuatan dan keefektifan proses kerja. Material yang digunakan untuk conveyor belt adalah akrilik dengan ketebalan 2 mm, karena daya tahannya yang kuat dan mudah dibentuk. Akrilik digunakan untuk rangka conveyor belt, kerangka penopang kamera, dan lengan penyortir. Setelah perakitan selesai, dilakukan pengujian sistem secara berulang untuk memastikan conveyor belt dan sistem sortir berfungsi dengan baik. Jika ditemukan kekurangan, dilakukan penyesuaian untuk meningkatkan kinerja dan akurasi sistem penyortiran apel.

Tabel 1 Pengumpulan Dataset Apel Anna

Gambar sample	Kategori	presentase kematangan berdasarkan warna kulit
---------------	----------	---

		Merah	Hijau
	Matang	85 %	15 %
	Matang	80 %	20 %
	Matang	95 %	5 %
	Matang	98 %	2 %
	Matang	99 %	1 %
	Mentah	25 %	75 %
	Mentah	98 %	2 %
	Mentah	90 %	10 %
	Mentah	95 %	5 %
	Mentah	90 %	10 %

Pengumpulan dataset merupakan tahap penting dalam pengembangan sistem berbasis machine learning, atau mengumpulkan data untuk dijadikan pembelajaran pengenalan model gambar apel anna yang akan dipakai.



Gambar 4 pelatihan Gambar di Teachable Machine

Training dataset dilakukan di *Teacahble Machine* untuk mengklasifikasikan apel. Penguji melakukan pengambilan sampel data gambar buah apel Anna dengan memasukkan sebanyak 500 foto untuk kategori apel anna mentah dan 500 foto untuk kategori apel Anna matang. Data

gambar tersebut digunakan untuk melatih model klasifikasi dalam mendeteksi tingkat kematangan apel berdasarkan warna kulitnya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 5 Pengujian Conveyor Belt

Analisis data menunjukkan bahwa motor DC pada conveyor belt berfungsi dengan baik, menghasilkan kecepatan yang sesuai pada tegangan 5 volt. Kecepatan conveyor belt tetap stabil baik dalam kondisi dengan maupun tanpa beban. Motor DC tidak menunjukkan penurunan kinerja yang signifikan setelah digunakan dalam jangka waktu 5 menit.

Result 1: Label: matang, Confidence: 98.21%
Result 2: Label: mentah, Confidence: 1.79%

Serial Monitor

Data diterima: matang

Gambar 6 Data hasil Confidence Untuk Acuan Klasifikasi matang.

Sistem menggunakan tingkat confidence sebagai tolok ukur untuk menentukan klasifikasi apel, dengan ambang batas sebesar 70%. Jika confidence suatu kategori, seperti "matang" apel akan diklasifikasikan ke kategori matang. Sebagai contoh, sistem mendeteksi apel dengan confidence "matang" sebesar 98,21 %, yang melampaui ambang batas, sehingga apel diklasifikasikan sebagai "matang." Hasil klasifikasi dengan confidence tertinggi di atas ambang batas kemudian dikirimkan ke Arduino untuk diproses, seperti terlihat pada data "matang" yang diterima di serial monitor. Penggunaan ambang batas 70% memastikan sistem hanya mengklasifikasikan apel berdasarkan hasil dengan tingkat keyakinan tinggi, sehingga meningkatkan akurasi.

Result 1: Label: mentah, Confidence: 89.84%
Result 2: Label: matang, Confidence: 10.16%

Serial Monitor

Data diterima: mentah

Gambar 7 Data hasil Confidence Untuk Acuan Klasifikasi mentah.

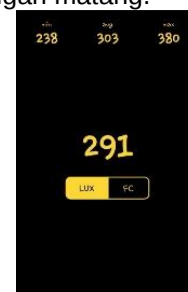
Dan jika tingkat confidence sebagai tolok ukur untuk menentukan klasifikasi apel, dengan ambang batas sebesar 70%. Jika confidence suatu kategori, seperti "mentah" apel akan diklasifikasikan ke kategori mentah. Sebagai contoh, sistem mendeteksi apel dengan confidence "matang" sebesar 89,84 %, yang melampaui ambang batas, sehingga apel diklasifikasikan sebagai "mentah." Hasil klasifikasi dengan confidence tertinggi di atas ambang batas kemudian dikirimkan ke Arduino untuk diproses, seperti terlihat pada data "mentah" yang diterima di serial monitor.

Result 1: Label: matang, Confidence: 54.32%
Result 2: Label: mentah, Confidence: 45.68%

Serial Monitor

Gambar 8 Hasil Klasifikasi Dengan Confidence dibawah 70% Matang.

Namun pada beberapa pengujian didapati hasil klasifikasi yang *confidence* matang dibawah 70% namun sistem akan membacanya sebagai matang dikarenakan sudah termasuk ke dalam kategori setengah matang. Apabila sebaliknya sistem akan otomatis menganalisa sebagai apel matang karena nilai confidence mentahnya tidak sampai 70% atau sudah termasuk kedalam kategori apel setengah matang.



Gambar 9 Pengukuran Intensitas Cahaya Sebesar 291 Lux.

Pengujian klasifikasi pada alat sortir buah apel dilakukan di bawah pencahayaan lampu ruangan yang bercampur dengan cahaya matahari pada

siang hari. Intensitas cahaya yang terukur pada light lux meter selama pengujian adalah sebesar 291 lux, yang mencerminkan kondisi pencahayaan alami yang cukup terang.



Gambar 10 Data Hasil Tangkapan Webcam Apel Mentah Pada Pencahayaan 291 Lux.

Berdasarkan hasil pengujian data diatas didapati jika webcam mendeteksi apel dengan presentase klasifikasi apel mentah lebih dari 70% dengan tingkat kepercayaan (Confidence) maka apel tersebut akan diidentifikasi sebagai mentah. Setelah itu, sistem secara otomatis akan memberikan label mentah pada data yang dikirimkan melalui Serial Monitor ke Arduino. Data ini kemudian diterima oleh Arduino untuk diproses lebih lanjut sesuai dengan klasifikasi.



Gambar 11 : Data Hasil Tangkapan Webcam Apel Matang Pada Pencahayaan 291 Lux.

Apabila webcam mendeteksi apel dengan persentase klasifikasi matang lebih dari 70% dan tingkat kepercayaan (Confidence) maka sistem secara otomatis akan mengidentifikasi apel tersebut sebagai matang. Setelah itu, data klasifikasi dengan label matang akan dikirimkan ke Arduino untuk diproses klasifikasi.

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Apel Dengan Intensitas Cahaya Sebesar 291 Lux.

No	Kategori buah apel	Waktu respon deteksi	Confidence Rata-rata (%)		Sistem mengirim data ke arduino	Keterangan
			Mentah	Matang		
1	Mentah	2 detik	89,84 %	10,16 %	Label mentah	Benar
2	Mentah	2 detik	70,01 %	29,99 %	Label mentah	Benar

3	Mentah	1,5 detik	77,30 %	22,70 %	Label mentah	Benar
4	Matang	1 detik	20,90 %	79,10 %	Label matang	Benar
5	Mentah	1,5 detik	25,49 %	74,51 %	Label mentah	Benar
6	Mentah	2 detik	92,29 %	7,71 %	Label mentah	Benar
7	Matang	1,5 detik	8,21 %	91,79 %	Label matang	Benar
8	Matang	2 detik	6,44 %	93,56 %	Label matang	Benar
9	Matang	1,5 detik	5,43 %	94,57 %	Label matang	Benar
10	Matang	1 detik	3,29 %	96,71 %	Label matang	Benar
11	Matang	1,5 detik	23,62 %	76,38 %	Label matang	Benar
12	Matang	2 detik	1,19 %	98,81 %	Label matang	Benar
13	Matang	1,5 detik	21,32 %	78,68 %	Label matang	Benar
14	Matang	1 detik	1,79 %	98,21 %	Label matang	Benar
15	Matang	1 detik	4,08 %	95,92 %	Label matang	Benar

Hasil uji coba klasifikasi menggunakan p5.js di bawah pencahayaan ruangan dengan intensitas 291 lux pada siang hari menunjukkan performa yang sangat baik. Sistem mampu mendeteksi apel dengan waktu rata-rata 1 hingga 2 detik, menunjukkan kecepatan klasifikasi yang memadai. Tingkat Confidence rata-rata untuk kategori mentah dan matang umumnya berada di atas 70%. Dari total 15 uji coba, sistem berhasil mengklasifikasikan seluruh sampel dengan benar, menghasilkan tingkat akurasi 100%.



Gambar 12 Pengukuran Intensitas Cahaya Sebesar 71 Lux.

Pada pengujian dengan intensitas cahaya ruangan yang diukur menggunakan light lux meter sebesar lux 71, kamera webcam menunjukkan adanya perubahan pada hasil tangkapan gambar. Gambar yang dihasilkan menjadi lebih gelap.



Gambar 13 Data Hasil Tangkapan Webcam Apel Mentah Pada Pencahayaan 71 Lux.

Untuk acuan persentase masih sama dengan sebelumnya yaitu untuk klasifikasi apel mentah dari 70% dan tingkat kepercayaan (Confidence) yang memenuhi, maka sistem secara otomatis akan mengidentifikasi apel tersebut sebagai mentah.



Gambar 14 Data Hasil Tangkapan Webcam Apel Matang Pada Pencahayaan 71 Lux.

. Untuk acuan persentase masih sama dengan sebelumnya yaitu untuk klasifikasi apel matang dari 70% dan tingkat kepercayaan (Confidence) yang memenuhi, maka sistem secara otomatis akan mengidentifikasi apel tersebut sebagai matang.

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Apel Dengan Intensitas Cahaya Sebesar 71 Lux

No	Kategori buah apel	Waktu respon	Confidence Rata-rata (%)		Sistem mengirimkan data ke	Keterangan
			Mentah	Matang		

		deteksi			arduino	
1	Matang	2 detik	3,47 %	96,53 %	Label matang	Benar
2	Matang	2 detik	20,40 %	79,60 %	Label matang	benar
3	Mentah	1,5 detik	99,85 %	0,15 %	Label mentah	benar
4	Matang	2 detik	22,71 %	77,29 %	Label matang	benar
5	Mentah	3,5 detik	99,72 %	0,28 %	Label mentah	Benar
6	Mentah	3 detik	75,66 %	24,34 %	Label mentah	Benar
7	Matang	2 detik	28,61 %	71,39 %	Label mentah	Benar
8	Mentah	2 detik	98,64 %	1,36 %	Label mentah	Benar
9	Mentah	3 detik	74,47 %	25,53 %	Label mentah	Benar
10	Matang	2 detik	0,37 %	99,63 %	Label matang	Benar
11	Matang	2 detik	21,11 %	78,89 %	Label matang	Benar
12	Matang	1,5 detik	3,12 %	96,88 %	Label matang	Benar
13	Matang	2 detik	0,15 %	99,85 %	Label matang	Benar
14	Matang	2 detik	0,43 %	99,57 %	Label matang	Benar
15	Mentah	2,5 detik	99,74 %	0,26 %	Label mentah	Benar

Dari hasil 15 kali uji coba, sistem berhasil mengklasifikasikan apel ke dalam dua kategori, "matang" dan "mentah," dengan akurasi 100%. Untuk kategori "matang," terdeteksi sebanyak 9 kali dengan waktu respons antara 1,5 hingga 4 detik. Confidence rata-rata untuk kategori "matang" berada pada rentang 71,39% hingga 99,85%, sedangkan Confidence kategori "mentah" pada deteksi ini rendah, yaitu 0,15% hingga 32,71%. Semua hasil deteksi "matang" sesuai label dan berhasil dikirimkan ke Arduino. Untuk kategori "mentah," sistem mendeteksi sebanyak 6 kali dengan waktu respons 1,9 hingga 4 detik. Confidence rata-rata kategori "mentah" tinggi, yakni 74,47% hingga 99,85%. Secara keseluruhan, sistem konsisten dalam klasifikasi apel dengan waktu respons cepat dan pengiriman data yang akurat, menunjukkan performa yang stabil untuk kedua kategori.



Gambar 15 Pengukuran Intensitas Cahaya Sebesar 551 Lux.

Hasil pengujian sistem sortir buah apel dengan menggunakan pencahayaan yang diatur berdasarkan intensitas cahaya yang diukur oleh sensor lux sebesar 551 lux.



Gambar 16 Data Hasil Tangkapan Webcam Apel Mentah Pada Pencahayaan 551 Lux.

berdasarkan intensitas cahaya yang diukur oleh sensor lux 551 menunjukkan bahwa hasil klasifikasi tidak mengalami perubahan. Sistem tetap dapat mengklasifikasikan apel dengan hasil yang konsisten. Hal ini mengindikasikan bahwa model klasifikasi yang digunakan, yang memanfaatkan kamera dan algoritma dari *Teachable Machine*, memiliki tingkat toleransi yang baik terhadap variasi pencahayaan. Meskipun intensitas cahaya diubah, fitur visual seperti warna, ukuran, dan kondisi fisik apel tetap dapat terdeteksi dengan akurat oleh kamera, sehingga tidak memengaruhi keputusan klasifikasi yang dihasilkan oleh sistem.



Gambar 17 Data Hasil Tangkapan Webcam Apel Matang Pada Pencahayaan 551 Lux

hasil yang didapat dari pengujian sistem dengan intensitas cahaya lux 551 dari data apel matang.

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Apel Dengan Intensitas Cahaya Sebesar 71 Lux

No	Kategori buah apel	Waktu respon deteksi	Confidence Rata-rata (%)		Sistem mengirim data ke arduino	Keterangan
			Mentah	Matang		
1	Mentah	1,9 detik	90,40 %	9,60 %	Label mentah	Benar
2	Mentah	2 detik	82,72 %	18,29 %	Label mentah	Benar
3	Matang	2 detik	8,24 %	91,76 %	Label matang	Benar
4	Matang	1,9 detik	3,57 %	96,43 %	Label matang	Benar
5	Mentah	2 detik	99,06 %	0,94 %	Label mentah	Benar
6	Matang	2 detik	4,57 %	96,57 %	Label matang	Benar
7	Matang	2 detik	0,22 %	99,78 %	Label matang	Benar
8	Matang	2,5 detik	1,02 %	98,98 %	Label matang	Benar
9	Matang	2 detik	0,05 %	99,95 %	Label matang	Benar
10	Matang	2 detik	45,68 %	54,68 %	Label matang	Benar
11	Mentah	2 detik	76,74 %	23,26 %	Label mentah	Benar
12	Matang	2 detik	19,14 %	80,86 %	Label matang	Benar
13	Matang	2 detik	1,81 %	98,19 %	Label matang	Benar
14	Mentah	1,5 detik	99,29 %	0,71 %	Label mentah	Benar

15	Mentah	2 detik	80,69 %	19,31 %	Label mentah	Benar
----	--------	---------	---------	---------	--------------	-------



Gambar 18 Pengukuran Intensitas Cahaya Sebesar 1262 Lux.

Pada intensitas cahaya 1262 lux, sistem mendeteksi apel matang dengan baik



Gambar 19 Data Hasil Tangkapan Webcam Apel Mentah pada Pencahayaan 1262 Lux.

Pada intensitas cahaya 1262 lux, untuk apel mentah, sistem merespons lebih lambat karena sorotan lampu yang terlalu terang memengaruhi kualitas gambar, khususnya pada warna hijau. Pantulan cahaya menyebabkan warna hijau pada apel mentah tampak berbeda dari data pelatihan, sehingga menurunkan akurasi klasifikasi. Meski demikian, sistem tetap menghasilkan data klasifikasi yang konsisten.



Gambar 20 Data Hasil Tangkapan Webcam Apel Matang Pencahayaan 1262 Lux,

Hasil gambar yang didapat dari data apel matang pada intensitas cahaya 1262 lux sistem mendeteksi apel matang dengan baik. Ditunjukan dengan Confidence rata rata yang tinggi.

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Apel Dengan Intensitas Cahaya Sebesar 1262 Lux

No	Kategori buah apel	Waktu respon deteksi	Confidence Rata-rata (%)		Sistem mengirimkan data ke arduino	Keterangan
			Mentah	Matang		

1	Mentah	2 detik	99,93 %	0,07 %	Label mentah	Benar
2	Mentah	1,5 detik	58,02 %	41,98 %	Label mentah	Benar
3	Mentah	1 detik	89,01 %	10,99 %	Label mentah	Benar
4	Mentah	1,5 detik	77,78 %	22,30 %	Label mentah	Benar
5	Mentah	2 detik	94,58 %	5,42 %	Label mentah	Benar
6	Matang	1 detik	0,27 %	99,73 %	Label matang	Benar
7	Matang	1,2 detik	0,42 %	99,58 %	Label matang	Benar
8	Matang	2 detik	0,43 %	99,57 %	Label matang	Benar
9	Matang	1,5 detik	0,19 %	99,81 %	Label matang	Benar
10	Mentah	1,5 detik	0,20 %	99,80 %	Label mentah	Benar
11	Matang	1 detik	95,05 %	4,95 %	Label matang	Benar
12	Mentah	2 detik	89,84 %	10,16 %	Label mentah	Benar
13	Mentah	2 detik	70,01 %	29,99 %	Label mentah	Benar
14	Matang	1,9 detik	7,71 %	92,29 %	Label matang	Benar
15	Mentah	2 detik	91,79 %	8,21 %	Label mentah	Benar

Pengujian pada intensitas cahaya 1083 lux menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan buah apel dengan akurasi tinggi (100%) dan waktu respon yang cepat (rata-rata 1,6 detik). Confidence yang dihasilkan oleh sistem juga menunjukkan tingkat keyakinan yang konsisten untuk setiap klasifikasi. Sistem ini dapat diandalkan untuk aplikasi praktis dengan pengaturan Confidence 70% tanpa perlu penyesuaian lebih lanjut. Jika diperlukan optimasi tambahan, pengurangan waktu respon atau pengujian pada intensitas cahaya lain dapat dilakukan.

IV. KESIMPULAN

1. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan apel berdasarkan warna kulit menggunakan kamera webcam yang terhubung ke Arduino. Gambar apel dianalisis oleh model Machine Learning sederhana dari *Teachable Machine*, yang diintegrasikan dengan pustaka p5.js untuk mendeteksi warna kulit apel. Hasil klasifikasi dikirim ke Arduino melalui

komunikasi serial, yang kemudian mengontrol motor servo untuk menyortir apel sesuai kategorinya. Sistem ini berfungsi sebagai prototype skala kecil untuk penelitian dan pendidikan, memastikan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak untuk proses sortir yang otomatis, akurat, dan efisien.

2. *Teachable Machine* digunakan untuk melatih model pengenalan gambar berdasarkan warna kulit apel, seperti hijau, kuning, dan merah. Model yang dilatih diekspor ke format TensorFlow.js dan diintegrasikan ke pustaka p5.js untuk mendeteksi warna kulit apel melalui kamera webcam. Hasil klasifikasi dikirimkan ke Arduino, yang memanfaatkan data tersebut untuk mengontrol motor servo dan conveyor belt, menyortir apel sesuai kategorinya. Dengan integrasi ini, *Teachable Machine* memungkinkan pelatihan model yang akurat, sedangkan p5.js mendukung analisis gambar secara efisien dan pengiriman data yang efektif ke Arduino.
 3. Pustaka p5.js menjadi penghubung utama antara model *Teachable Machine* dan Arduino. Model yang dilatih di *Teachable Machine* diekspor ke TensorFlow.js dan diintegrasikan ke p5.js untuk mengklasifikasikan gambar apel dari kamera webcam. Setelah klasifikasi, p5.js mengirimkan data ke Arduino melalui komunikasi serial untuk mengontrol motor servo dan conveyor belt. Dengan peran ini, p5.js memastikan integrasi data analisis gambar dengan perangkat keras berjalan otomatis dan efisien, mendukung sistem sortir apel berbasis kamera yang akurat dan terintegrasi.
- DAFTAR PUSTAKA**
- [1] D. Kristianto, B. Peneltian, T. Jeruk, B. Subtropika, and H. P. 082140717107, "KARAKTERISASI BEBERAPA VARIETAS BUAH APEL (*Malus sylvestris*, Mill) DI KP TELEKUNG, BALITJESTRO JAWA TIMUR," 2019.
 - [2] M. N. Khafit, N. Khamdi, J. Jaenudin, and E. Edilla, "Rancang Bangun Alat Sortir Buah Apel Berdasarkan Perbedaan Ukuran dan Warna Menggunakan Mikrokontroler Arduino," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 9, no. 1, p. 147, Aug. 2023, doi: 10.24036/jtev.v9i1.122935.
 - [3] A. Lestari, R. Amelia, N. Husni, A. Andriani, S. R. Mustafa, and A. Zulkifli, "Klasifikasi Akurasi Kematangan Buah Apel Anna Berdasarkan Analisis Warna Model Nasnet Pada Convolutional Neural Network (CNN)," pekanbaru, Jul. 2024. [Online]. Available: www.kaggle.com/datasets/S.O.Araujo/R.S.Peres.J.C.Ramalho.F.Lidon.and.J.Barata.MachineLearningApplicationsinAgriculture:CurrentTrends,Challenges,andFuturePerspectives, Dec. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/agronomy13122976.
 - [4] J. Homepage, A. Roihan, P. Abas Sunarya, and A. S. Rafika, "IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology) Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper," 2019.
 - [5] S. Forchhammer, A. Abu-Ghazaleh, G. Metzler, C. Garbe, and T. Eigentler, "Development of an Image Analysis-Based Prognosis Score Using Google's Teachable Machine in Melanoma," *Cancers (Basel)*, vol. 14, no. 9, May 2022, doi: 10.3390/cancers14092243.
 - [6] V. Chhipa and R. Poonia, "Teachable machine: A web based machine learning tool for user voice biometric authentication system," *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, vol. 27, no. 4, pp. 1345–1355, Jun. 2024, doi: 10.47974/JDMSC-1989.
 - [7] M. Carney et al., "Teachable machine: Approachable web-based tool for exploring machine learning classification," in *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, Association for Computing Machinery, Apr. 2020. doi: 10.1145/3334480.3382839.
 - [8] TheFastCode, "Data Visualisation with p5.js." Accessed: Nov. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.thefastcode.com/id-idr/article/data-visualisation-with-p5js>
 - [9] A. Taner, M. T. Mengstu, K. Ç. Selvi, H. Duran, İ. Gür, and N. Ungureanu, "Apple Varieties Classification Using Deep Features and Machine Learning," *Agriculture (Switzerland)*, vol. 14, no. 2, Feb. 2024, doi: 10.3390/agriculture14020252.
 - [10]