

Implementasi Pengolahan Citra Pada Penyortiran Buah Kelapa Sawit Menggunakan Kamera Berbasis Mikrokontroler Arduino

Mhd Syahrul Ananda Sipayung¹, Usti Fatimah Sari Sitorus Pane², Afdal Alhafiz³

¹Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

^{2,3}Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

Email: ¹syahrulnanda38@gmail.com, ²ustipaneeee@gmail.com, ³afdal.alhafiz@trigunadharma.ac.id

Email Penulis Korespondensi: syahrulnanda38@gmail.com

Abstrak

Proses penyortiran buah kelapa sawit berdasarkan tingkat kematangan merupakan tahap penting dalam menentukan kualitas dan nilai jual hasil panen. Namun penyortiran masih banyak dilakukan secara manual pada beberapa pabrik kelapa sawit. Metode manual ini memiliki kelemahan, antara lain bergantung pada subjektivitas manusia, membutuhkan waktu yang lama, serta kurang konsisten dalam hasil penyortiran. Permasalahan tersebut menyebabkan rendahnya efisiensi kerja dan potensi kesalahan klasifikasi yang dapat berdampak pada penurunan mutu hasil produksi. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem penyortiran otomatis berbasis pengolahan citra digital menggunakan kamera dan mikrokontroler Arduino. Sistem ini menggunakan kamera untuk mengambil gambar buah kelapa sawit, yang kemudian dianalisis dengan metode pengolahan citra untuk mengidentifikasi tingkat kematangan berdasarkan nilai warna RGB. Hasil klasifikasi tersebut dikirim ke mikrokontroler Arduino melalui komunikasi serial untuk mengendalikan aktuator berupa motor servo dalam mengarahkan buah ke tempat sortir yang sesuai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan proses klasifikasi dan penyortiran buah kelapa sawit secara otomatis dengan tingkat akurasi dan kecepatan yang memadai. Sistem ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam proses penyortiran dibandingkan metode manual. Dengan demikian, implementasi sistem ini berpotensi diterapkan sebagai teknologi tepat guna dalam mendukung proses sortasi buah kelapa sawit secara lebih modern dan efisien, khususnya pada sektor industri kecil dan menengah.

Kata Kunci : Pengolahan Citra, Buah Kelapa Sawit, Penyortiran Otomatis, Kamera, Arduino

Abstract

The sorting process of oil palm fruit based on ripeness level is a crucial step in determining the quality and market value of the harvest. However, in many palm oil mills, sorting is still performed manually. This manual method has several drawbacks, including reliance on human subjectivity, time-consuming operations, and inconsistent sorting results. These issues lead to reduced work efficiency and potential classification errors, which can negatively impact the quality of the final product. In this research, an automatic sorting system was developed based on digital image processing using a camera and an Arduino microcontroller. The system uses a camera to capture images of oil palm fruits, which are then analyzed through image processing techniques to identify ripeness levels based on RGB color values. The classification results are sent to the Arduino microcontroller via serial communication to control actuators in the form of servo motors that direct the fruits to the appropriate sorting bins. Testing results show that the system is capable of performing automatic classification and sorting of oil palm fruits with adequate accuracy and speed. This system has proven to improve efficiency and consistency in the sorting process compared to manual methods. Therefore, the implementation of this system has the potential to be applied as an appropriate technology to support a more modern and efficient fruit sorting process, particularly in small and medium-sized industries.

Keywords: Image Processing, Oil Palm Fruit, Automatic Sorting, Camera, Arduino

1. PENDAHULUAN

Teknologi industri saat ini terus berkembang bahkan telah menyebar ke berbagai aspek kehidupan manusia. Perkembangan teknologi ini didukung oleh ketersediaan *hardware* dan *software* yang telah menyebabkan percepatan perkembangan teknologi itu sendiri. Perkembangan teknologi ini juga memungkinkan dunia memasuki era otomatisasi. Perkembangan teknologi saat ini masuk ke dalam bidang pertanian dan perindustrian. Maka dari itu di era sekarang banyak proses telah dilakukan secara otomatis tanpa menggunakan tenaga manusia [1]. Namun masih banyak juga di era sekarang yang masih banyak menggunakan tenaga kerja manusia, salah satunya yaitu dalam dunia pertanian adalah penyortiran buah kelapa sawit secara otomatis.

Kelapa sawit adalah tanaman tropis yang menghasilkan minyak sawit, yang merupakan salah satu minyak nabati paling penting dan banyak digunakan di dunia. Indonesia adalah salah satu negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki banyak perkebunan. Salah satunya yaitu perkebunan kelapa sawit, minyak sawit mentah atau CPO (Crude Palm Oil) dipasarkan dunia yang terus meningkat dalam kurun waktu serta kecenderungan peningkatan permintaan produksi CPO dunia [2]. Minyak sawit diekstraksi dari buah kelapa sawit, yang tumbuh dalam tandan besar. Kelapa sawit memiliki peran penting dalam industri pangan, kosmetik, biofuel, dan berbagai produk lainnya karena efisiensi produksinya yang tinggi dibandingkan dengan tanaman penghasil minyak lainnya. Hasil CPO yang sudah diolah menjadi bahan industri pangan tersebut nantinya akan dipasarkan ke negara – negara.

Namun belakangan ini terjadi peningkatan yang begitu signifikan dipasaran dunia dalam kurun waktu, memberikan kecenderungan peningkatan permintaan produksi CPO dunia. Sehingga membuat pihak pabrik harus meningkatkan harga pasar TBS (Tandan Buah Segar).

Hal ini merupakan peluang baik bagi pihak pabrik kelapa sawit untuk meningkatkan produksi CPO yang pada akhirnya berlomba untuk mendapatkan suplai TBS dari petani kelapa sawit. Namun belakangan terjadi penurunan kualitas CPO yang disebabkan kesalahan dalam melakukan penyortiran buah kelapa sawit oleh beberapa pabrik kelapa sawit yang tidak sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Proses penyortiran yang dilakukan oleh pabrik kelapa sawit tersebut hanya dilakukan manual (tenaga kerja manusia) sehingga keakuratan sortasi yang dilakukan masih rendah, sehingga waktu tunggu TBS untuk diolah masih cukup lama. Pada akhirnya dapat menurunkan kualitas hasil pengolahan serta meningkatkan kadar asam yang dapat menurunkan kuantitas serta rentan tingkat kecelakaan dalam menyortir secara manual [3].

Agar tidak terjadi hal yang sebelumnya, maka dari itu harus dilakukannya penyortiran yang baik dan benar oleh pihak pabrik. Dengan adanya penyortiran buah kelapa sawit maka kualitas kelapa sawit yang dihasilkan dari produksi tersebut dapat memenuhi standart kualitas CPO yang baik dan sehat. Hal ini dapat berdampak baik terhadap harga jual CPO yang akan dipasarkan.

Hasil dari penyortiran secara akurat tersebut nantinya dapat berdampak baik pada CPO apabila sudah dilakukan dengan baik dan benar. Crude Palm Oil (CPO) adalah minyak yang dihasilkan dari proses pengolahan buah kelapa sawit yang kemudian diolah kembali untuk dibuat produk turunannya. Adapun Produk dari hasil CPO yang di olah buah kelapa sawit memiliki banyak kegunaan contohnya seperti produk minyak goreng, produk kosmetik dan bahan bakar bermotor [4].

Sektor pertanian merupakan sektor yang sangat penting peranannya didalam perekonomian diberbagai negara berkembang termasuk Indonesia. Perkebunan buah kelapa sawit di negara Indonesia adalah perkebunan yang terbesar ada di beberapa pulau di Indonesia, antara lain adalah Kalimantan dan Sumatera [5]. Pada saat ini terjadi permasalahan pada pabrik - pabrik dalam melakukan pengolahan buah kelapa sawit salah satunya dalam melakukan penyortiran buah kelapa sawit, masih banyak pabrik kelapa sawit yang menggunakan penyortiran secara manual (Tenaga Kerja Manusia).

Hal itu dapat berpengaruh terhadap hasil CPO yang diolah, maka dari itu diperlukan penyortiran secara otomatis menggunakan kamera sebagai teknik pengolahan citra pada buah kelapa sawit. Pengolahan Citra Digital (Digital Image Processing) merupakan disiplin ilmu yang mempelajari teknik dalam mengolah citra, citra yang dimaksud adalah merupakan gambar diam (foto) atau gambar yang bergerak (seperti video yang direkam) . Sedangkan arti digital adalah pengolahan citra/gambar dilakukan menggunakan komputer secara digital. RGB adalah singkatan dari Red-Green-Blue, merupakan tiga warna dasar (primary colors) yang secara umum dijadikan acuan warna lainnya. Dari basis RGB, kita dapat mengkonversi warna menjadi kode-kode angka yang membuat warna tersebut akan tampil umum. Komputer sudah mengemas informasi warna menjadi model warna yang sama sehingga membuat pengolahan warna RGB dapat dilakukan dengan mudah [6].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian dalam pengolahan citra pada penyortiran buah kelapa sawit mnegggunakan kamera berbasis mikrokontroler arduino berikut ini beserta penjelasannya :



Gambar 1. Tahapan Sistem

1. Identifikasi Masalah

Tahapan ini dilakukan agar mendapatkan sebuah masalah yang harus benar benar diselesaikan dan jika memungkinkan untuk diciptakan agar dapat memberikan tujuan dan manfaat yang bagus dalam segala hal.

2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini penulis melakukan pengumpulan data berfungsi agar informasi-informasi yang penulis butuhkan dapat terpenuhi sehingga sesuai dengan kebutuhan alat yang akan dirancang.

3. Analisa

Berdasarkan data-data yang telah didapat maka permasalahan yang ada dapat diidentifikasi dan dicari alternatif pemecahannya. Hasil analisa di harapkan dapat memperbaiki kinerja sistem yang ada.

4. Perancangan Prototype

Tahapan perancangan sistem merupakan tahapan yang digunakan untuk merancang sistem, rancangan sistem ini dimulai dari perancangan fisik.

5. Pengujian

Dalam pengujian ini dilakukan setelah selesai melakukan pembuatan alat dilakukanlah pengujian alat sebelum dinyatakan layak penggunaan alat secara teratur

6. Penulisan Laporan Akhir

Ini merupakan tahap akhir dari penelitian, semua data yang telah didapatkan dan telah di analisis disusun secara baik lalu membuat kesimpulan terhadap seluruh kegiatan analisis yang telah dilakukan kemudian menjadi sebuah laporan.

2.2 Teknik Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital adalah proses yang melibatkan manipulasi dan analisis gambar menggunakan algoritma komputer untuk meningkatkan kualitas visual atau mengekstrak informasi dari citra. Citra merupakan suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Menurut arti secara harfiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang dua dimensi. Ditinjau dari sudut pandang matematis citra yang terlihat merupakan cahaya yang direfleksikan dari sebuah objek. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut dan pantulan cahaya ditangkap oleh alat-alat optik, seperti mata manusia kamera, *scanner*, sensor satelit, dan lain-lain sehingga bayangan objek dalam bentuk citra dapat direkam [7].

2.3 Arduino Uno

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* – nya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan *software* – nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino juga merupakan *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya. Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler *ATMega* yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu/perusahaan yang membuat clone arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level *hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk mem-bypass *bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui port ISP [8].

2.4 Sensor Photodiode

Sensor *Photodiode* adalah komponen elektronik yang terbuat dari semikonduktor berbeda dengan *diode* biasa, komponen elektronika ini akan mengubah cahaya menjadi arus listrik. Cahaya yang dapat dideteksi oleh *Photodiode* ini mulai dari cahaya inframerah, cahaya tampak, ultra ungu sampai sinar-X. Prinsip kerja *photodiode* jika terkena cahaya, maka akan bersifat sebagai sumber tegangan dan nilai resistansinya akan menjadi kecil. Sebaliknya jika *photodiode* tidak terkena cahaya, maka nilai resistansinya akan semakin besar atau dapat diasumsikan tak hingga [9].

2.5 Motor Servo

Motor servo merupakan sebuah motor DC yang telah dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang telah terintegrasi dalam motor tersebut. Motor servo adalah sebuah jenis motor DC (*Direct Current*) yang dirancang khusus untuk menghasilkan gerakan presisi dan kontrol yang akurat dalam aplikasi mekanik dan elektronik. Motor servo memiliki beberapa komponen, termasuk motor DC, sistem *gearbox*, *encoder* optik atau *potensiometer*, dan kontroler *electronic*. Motor servo biasanya dikontrol oleh sinyal input dari mikrokontroler atau komputer, yang mengirimkan sinyal pulsa PWM (*Pulse Width Modulation*) ke kontroler motor servo. Motor Servo pada *prototype* berguna untuk menggerakkan rudder dan gardan pada kapal [10].

2.6 Metode Pengolahan Citra

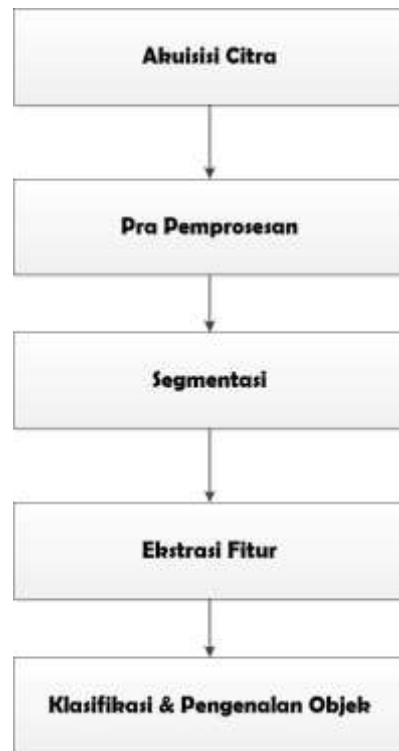
Metode pengolahan citra dalam penyortiran buah kelapa sawit melibatkan beberapa langkah utama untuk

mengidentifikasi tingkat kematangan buah secara otomatis. Proses dimulai dengan akuisisi citra, di mana kamera menangkap gambar buah pada *conveyor*. Kemudian melalui tahap pra-pemrosesan, seperti penghapusan *noise*, peningkatan kontras, dan normalisasi warna untuk memastikan kualitas data citra yang optimal. Setelah itu, dilakukan segmentasi untuk memisahkan objek utama, yaitu buah kelapa sawit, dari latar belakang. Metode segmentasi yang sering digunakan meliputi *thresholding* berbasis intensitas warna atau deteksi tepi menggunakan algoritma seperti *Canny*.

Setelah segmentasi, fitur utama dari buah, seperti warna, tekstur, dan bentuk, diekstraksi untuk mengidentifikasi tingkat kematangan. Analisis warna sering menjadi fokus utama, dengan menggunakan model ruang warna seperti RGB, HSV, atau *Lab** untuk mengklasifikasikan perbedaan warna antara buah mentah, matang, dan terlalu matang. Setelah fitur diekstraksi, langkah terakhir adalah klasifikasi menggunakan algoritma pembelajaran mesin atau pembelajaran mendalam. Metode seperti *K-Nearest Neighbors* (KNN) digunakan untuk mengelompokkan buah berdasarkan tingkat kematangannya[11].

2.7 Tahapan Proses Pengolahan Citra

Metode pengolahan citra dalam penyortiran buah kelapa sawit melibatkan beberapa langkah utama untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah secara otomatis. Dalam metode perancangan sistem pada penelitian sesuai pada gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Metode Perancangan Sistem

1. Akuisisi Citra
Akuisisi data adalah langkah dalam mendapatkan citra. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menentukan data yang dibutuhkan dan memilih metode perekaman citra digital [12].
2. Pra-Pemrosesan
Pada tahap ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra sehingga siap untuk dianalisis lebih lanjut. Langkah ini bertujuan menghilangkan *noise*, memperbaiki detail dan menormalkan citra.
3. Segmentasi
Segmentasi bertujuan untuk memisahkan objek utama dari latar belakang.
4. Ekstrasi Fitur
Pada tahap ini digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah kelapa sawit. Tahap ini memiliki beberapa fitur yang biasanya diekstraksi yaitu warna, tekstur, dan bentuk.
5. Klasifikasi atau Pengenalan Objek
Fitur yang diekstraksi kemudian dimasukkan ke dalam algoritma klasifikasi untuk menentukan kategori kematangan buah (misalnya mentah, matang, atau terlalu matang).

Adapun metode yang digunakan untuk mengambil sampel nilai adalah dengan mengambil tiga gambar dari buah kelapa sawit untuk setiap kriteria tingkat kematangan, yaitu buah mentah, matang, dan busuk. Setiap gambar dianalisis untuk mendapatkan nilai rata-rata RGB (Red, Green, Blue) yang mewakili kondisi visual dari buah sawit pada setiap tingkat kematangan tersebut.

Berikut adalah sampel rentang nilai RGB yang digunakan sebagai acuan dalam klasifikasi kematangan buah kelapa sawit :

Tabel 1. Sampel Rentang Nilai RGB

NO	GAMBAR	RENTANG NILAI RGB	KETERANGAN
1		100, 70, 30	Mentah
2		0, 50, 0	Mentah
3		200, 140, 50	Mentah
4		0, 100, 100	Matang
5		100, 255, 255	Matang
6		40, 178, 178	Matang
7		30, 110, 100	Busuk
8		10, 50, 0	Busuk
9		20, 80, 55	Busuk

Dari sampel rentang nilai di atas, maka dapat disimpulkan rentang nilai RGB yang akan digunakan pada sistem sortasi otomatis adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Rentang Nilai RGB

NO	RENTANG NILAI RGB	JENIS KRITERIA	KETERANGAN
1	0, 50, 0 – 200, 150, 50	Hitam Sedikit Hijau	Mentah
2	0, 100, 100 – 100, 255, 255	Merah Kemerahan	Matang
3	10, 50, 0 – 30, 110, 110,	Merah kehitam - hitaman	Lewat Matang

Salah satu penjelasan transformasi warna menggunakan matriks :

Hitam Sedikit Hijau

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 \end{bmatrix}$$

Penerapan :

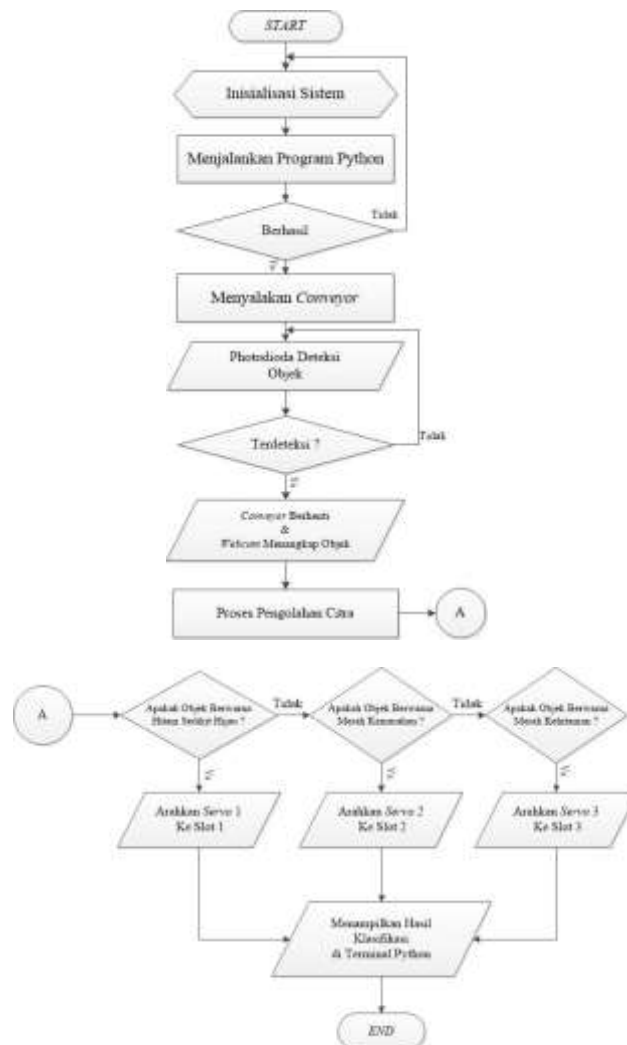
$$\begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0 \\ 50 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Maka hasil nya :

$$\begin{bmatrix} (0,5 \times 10) + (0 \times 50) + (0 \times 0) = 0 \\ (0 \times 0) + (0,5 \times 50) + (0 \times 0) = 25 \\ (0 \times 0) + (0 \times 50) + (0,5 \times 0) = 0 \end{bmatrix}$$

2.8 Flowchart Sistem

Diagram yang digunakan untuk menggambarkan alur kerja atau proses dalam suatu sistem secara visual. Adapun flowchart system yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Flowchart Sistem

Berikut adalah penjelasan tentang *flowchart system* dari gambar 3 :

1. Pada tahap awal dilakukannya penginisialisasian *system* agar *system* dapat dijalankan dan *conveyor* dapat bergerak.
2. Pada tahap kedua ketika *conveyor* bergerak maka terdapat *photodiode* untuk mendeteksi buah kelapa sawit guna menghentikan laju *conveyor* yang nantinya agar kamera dapat menangkap buah kelapa sawit tersebut,
3. Pada tahap ketiga ketika buah kelapa sawit di tangkap oleh kamera maka akan dilakukannya proses pengolahan citra, pada *system* ini terdapat 3 kondisi terhadap pendeteksiian warna buah kelapa sawit yaitu hitam sedikit hijau, merah kemerahan, merah kehitaman. Apabila hitam sedikit hijau maka buah kelapa tersebut mentah dan akan diarahkan oleh *servo* 1 ke slot 1, apabila merah kemerahan maka buah kelapa tersebut matang dan akan diarahkan oleh *servo* 2 ke slot 2, apabila hitam kemerahan maka buah kelapa tersebut mentah dan akan diarahkan oleh *servo* 3 ke slot 3.
4. Setelah buah kelapa sawit masuk kedalam penampungan maka selanjutnya akan tampil hasil klasifikasi di terminal *python*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari sistem sortasi yang dibuat maka perlu dilakukannya beberapa pengujian untuk mendapatkan hasilnya, apakah sudah berjalan sesuai yang diharapkan atau tidaknya. Adapun hasil pengujiannya yaitu :

3.1 Deteksi dan Pengambilan Gambar

Pada gambar 4 merupakan pengujian deteksi dan pengambilan gambar, dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 4. Deteksi dan Pengambilan Gambar

3.2 Hasil Pengujian Klasifikasi Warna

Pada tabel 3 merupakan pengujian klasifikasi warna , dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Klasifikasi Warna

No	Gambar buah	Unripe	Ripe	Rotten	Klasifikasi	Perintah ke arduino
1		50	125	30	<i>Ripe</i>	<i>Start_servo_ripe</i>
2		130	40	20	<i>Unripe</i>	<i>Start_servo_unripe</i>
3		20	30	110	<i>Rotten</i>	<i>Start_servo_rotten</i>
4		60	90	10	<i>Ripe</i>	<i>Start_servo_ripe</i>

3.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem ini merupakan gabungan antara pengolahan citra digital untuk klasifikasi kematangan buah dan mikrokontroler (Arduino) untuk menjalankan *conveyor*. Sistem bekerja secara otomatis mulai dari deteksi buah, pengambilan gambar, klasifikasi warna, hingga penggerakan motor DC. Implementasi ini dilakukan pada ruangan tertutup dengan pencahayaan yang optimal dengan kisaran kurang lebih 16 Watt.

3.3.1 Implementasi Sensor Photodiode

Pada sistem ini digunakan sensor photodiode sebagai pendeteksi buah kelapa sawit yang berjalan di atas *conveyor*.



Gambar 5. Implementasi Sensor Photodiode

3.3.2 Implementasi Webcam

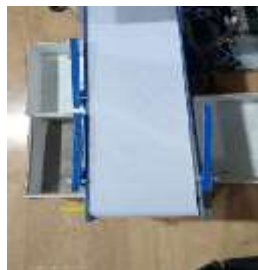
Pada Implementasi ini terdapat webcam yang berfungsi untuk menangkap gambar yang terhubung dengan laptop. Pada implementasi ini juga dilakukannya proses pengolahan citra untuk menentukan hasil tingkat kematangan buah kelapa sawit. Dalam pengambilan gambar perlu di perhatikan pada tingkat pencahayaan diruangan tersebut.



Gambar 6. Implementasi Webcam

3.3.3 Implementasi Servo

Pada Implementasi ini digunakannya servo untuk memindahkan buah kelapa sawit yang berjalan di atas *conveyor* kedalam penampungan.



Gambar 7. Implementasi Servo

4. KESIMPULAN

Implementasi sistem penyortiran buah kelapa sawit menggunakan kamera dan Arduino Uno berhasil dilakukan dengan menggabungkan metode pengolahan *citra digital* berbasis warna (*HSV*) dan kontrol aktuator melalui komunikasi *serial*. Sistem mampu mengklasifikasikan buah sawit menjadi tiga kategori utama, yaitu matang (*RIPE*), mentah (*UNRIPE*), dan busuk (*ROTTEN*) secara otomatis berdasarkan warna dominan pada citra buah.. Integrasi antara *webcam*, komputer, dan Arduino Uno menunjukkan hasil yang stabil dan responsif selama proses klasifikasi dan pemilahan buah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih diucapkan kepada ayahanda dan ibunda serta keluarga yang selalu memberi motivasi, doa dan dukungan moral maupun materi, serta pihak-pihak yang telah mendukung dalam proses pembuatan jurnal ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Kiranya jurnal ini bisa memberi manfaat bagi pembaca dan dapat meningkatkan kualitas jurnal selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Anggreani, M. I. Nasution, and N. Nasution, "Sistem Penyortir Otomatis Kematangan Tomat Berdasarkan Warna dan Berat dengan Sensor Tcs3200 dan Sensor Load Cell Hx711 Berbasis Arduino UNO," *J. Fis. Unand*, vol. 12, no. 3, pp. 374–380, 2023, doi: 10.25077/jfu.12.3.373-379.2023.
- [2] A. Wibowo, P. Poningsih, I. Parlina, S. Suhada, and A. Wanto, "Rancang Bangun Mesin Sortir Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Sensor Warna Tcs3200 Berbasis Arduino Uno," *STORAGE J. Ilm. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 9–15, 2022, doi: 10.55123/storage.v1i2.305.
- [3] L. Murjana and W. Handayani, "Analisis Pengendalian Kualitas Crude Palm Oil (CPO) dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) pada PT Sapta Karya Damai Kalimantan Tengah," *Widyakala J. Pembang. Jaya Univ.*, vol. 9, no. 1, p. 47, 2022, doi: 10.36262/widyakala.v9i1.506.
- [4] R. Mustafa, "Pengaruh Harga Cpo (Crude Palm Oil) Di Global Market Terhadap Harga Minyak Goreng Di Pasar Domestik," *SIBATIK J. J. Ilm. Bid. Sos. Ekon. Budaya, Teknol. dan Pendidik.*, vol. 1, no. 8, pp. 1565–1574, 2022, doi: 10.54443/sibatik.v1i8.209.
- [5] N. Alfisyahr, R. Efrianti, Y. Oktarina, and N. Novayanti, "Prospek Pengembangan Agribisnis Kelapa Sawit di Sumatera Selatan," *Nomico*, vol. 1, pp. 59–72, May 2024, doi: 10.62872/w3jnr47.
- [6] R. R. Karim, "Implementasi Klasifikasi Senjata Tradisional Jawa Barat Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Dengan Metode Transfer Learning," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4166.
- [7] 13) Menurut Anggraeni dan Irviani (2017, "Bab Ii Landasan Teori," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019, [Online]. Available: <http://kbbi.web.id/preferensi.html>Diakses
- [8] D. Sasmoko, *Arduino dan Sensor*. 2021.
- [9] A. Syariffudin, A. Ashari, and U. Pratiwi, "Perancangan Alat Peraga Gerak Harmonik Berupa Bandul Matematis Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Arduino," *J. Pendidik. Sains dan Komput.*, vol. 2, no. 01, pp. 196–207, 2022, doi: 10.47709/jpsk.v2i01.1462.
- [10] R. D. . Pamungkas, "Rancang Bangun Elektrik Steering Gear Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," 2023, [Online]. Available: DCP REGGA - 2023 - repository.pip-semarang.ac.id. RANCANG BANGUN ELEKTRIK STEERING GEAR BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3. pip-semarang.ac.id
- [11] S. Saifullah, D. Prasetyo, Indahyani, R. Drezewski, and F. Dwiyanto, "Palm Oil Maturity Classification Using K-Nearest Neighbors Based on RGB and L*a*b Color Extraction," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 225, pp. 3011–3020, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.procs.2023.10.294.
- [12] S. Mohamad Idris, Romindo, Muhammad Munsarif, G. F. M. Wa Ode Rahma Agus Udaya Manarfa, N. Andi Asvin Mahersatillah Suradi, Lutfi Hakim, M. F. V. R. Arsan Kumala Jaya, and A. A. Andrew Tanny Liem, *Pengolahan Citra: Teori dan Implementasi*. 2023. [Online]. Available: <https://kitamenulis.id/2023/03/22/pengolahan-citra-teori-dan-implementasi/>