

**ANALISIS SISTEM PENDETEKSIAN TINGKAT
KEMATANGAN BUAH SAWIT BERBASIS IoT
MENGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBORS**



SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) Pada Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang.**

Oleh:

Muhammad Alif Pratama

NIM: 162022037

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS SISTEM PENDETEKSIAN TINGKAT KEMATANGAN BUAH SAWIT BERBASIS IoT MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBORS



Oleh:

Muhammad Alif Pratama

162022037

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama

Kemas. Muhammad. Wahyu Hidayat, S. Kom., M. Kom
NBM/NIDN:1255881/0225068904

Dosen Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Zulphini Reno Saputra, S.T., M. Kom
NBM/NIDN : 1338529/0205118002

Disetujui,
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Ahmad Junaidi, M.T
NBM/NIDN: 763050/0202026502



Mengetahui, Ketua Program Studi
Teknologi Informasi

Karliadi, S.Kom., M.Kom
NBM/NIDN : 1088893/0210038202

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Judul Skripsi : **Analisis Sistem Pendeteksian Tingkat Kematangan Buah Sawit Berbasis Iot Menggunakan Metode K-Nearest Neighbors**

iii

Oleh **Muhammad Alif Pratama NIM 162022037** Skripsi ini telah di setujui dan disahkan oleh Tim Penguji Program Studi Teknologi Informasi Konsentrasi Manajemen Tata Kelola Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Palembang pada ~~23~~²⁴ April 2026 dan telah dinyatakan **LULUS**

Palembang, ~~23~~²⁴ April 2026

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknologi Informasi
Universitas Muhammadiyah Palembang**



**Karnadi, S. Kom., M. Kom.
NBM/NIDN: 1088893/0210038202**

**Tim Penguji
Ketua Penguji**

**Kemas Muhammad. Wahyu Hidayat, S. Kom, M.Kom
NBM/NIDN: 1255881/0225068904**

Penguji 1

**Dedi Haryanto, S.Kom., M.Kom
NBM/NIDN:1337459/0201089001**

Penguji 2

**Jimma, S. Kom., M.Kom
NBM/NIDN: 1340253/0222047702**

iii

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Alif Pratama

iv

Nim: 162022037

Prodi : Teknologi Informasi

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, Skripsi ini adalah Asli dan belum pernah diajukan diprodi Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan nama pengarang dan dicantumkan kedalam daftar pustaka
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan ketentuan Program Studi Teknologi Informasi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 10/2026
Surat Pernyataan,



Muhammad Alif Pratama
162022037

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

“Orang yang memaafkan dan tetap melangkah maju adalah orang yang benar-benar kuat.”

~Uchiha Itachi

“I tried so hard and got so far, but in the end, it doesn't even matter, I had to fall to lose it all.”

~In The End, Linkin Park

PERSEMBAHAN

Tiada lembar yang paling inti dalam laporan ini dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahan. Dengan mengucapkan Syukur Allhamdulillahilahiobilalamiin, Laporan skripsi saya ini saya persembahkan sebagai tanda bukti kepada:

1. Allah Swt yang Telah memberikan kemudahan dalam pengerjaan skripsi saya ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Kepada kedua Orang tua saya yang telah memberikan motivasi dan memberikan do'a maupun materi sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana, Beliau orang yang hebat selalu menjadi penyemangat saya, dan menjadi sandaran terkuat dari kerasnya dunia. Dan juga tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta. Terima kasih untuk semua berkat dukungan do'a dari ibu dan ayah saya bisa berdiri sampai di titik ini. Sehat Selalu kedua orang tua ku yang saya cintai dan saya sayangi. Ayah Ibu Terima kasih Untuk segalanya.
3. Terima kasih kepada dosen pembimbing saya yaitu bapak Kemas Muhammad Wahyu Hidayat. S.Kom,M.Kom dan bapak Dr. Ir. Zulphini Reno Saputra, ST, M.Kom Terimakasih atas ajaran dan ilmu sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Skripsi dengan baik.

4. Terimakasih untuk dosen penguji dan seluruh dosen Teknologi Informasi yang telah tulus sepenuh hati atas memberikan ajaran dimasa waktu perkuliahan.
5. Terimakasih untuk Teman Seperjuangan yaitu Keluarga HermanBoys yang telah menjadi teman dan juga sekaligus saudara dalam masa perkuliahan ini.
6. Untuk diri saya Terima kasih Telah kuat sampai di detik ini, yang mampu mengendalikan diri dari tekanan dan juga tidak menyerah sesulit apapun dalam rintangan selama masa perkuliahan, ataupun dalam prosesn penyusunan Skripsi. Yang mampu berdiri tegak ketika dihantam permasalahan yang ada, Teriamakasih atas diriku semoga tetap rendah hati, ini baru awal dari permulaan hidup tetap semangat kamu pasti bisa.

ABSTRAK

Ketidakpastian dan potensi kesalahan dalam menentukan masa panen kelapa sawit sering dipicu oleh penggunaan metode pengamatan visual yang bersifat subjektif. Masalah tersebut mendorong dilaksanakannya penelitian ini, yang bertujuan menciptakan perangkat analisis otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 dengan mengandalkan sensor cahaya LDR dan sensor warna TCS3200. Melalui pendekatan eksperimental, data mengenai intensitas cahaya serta nilai RGB dihimpun dari buah sawit dalam tiga kategori kondisi: mentah, setengah matang, dan matang. Proses klasifikasi kemudian dilakukan dengan mengolah data tersebut menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) di platform Google Colab. Hasil pengujian mengonfirmasi bahwa sistem ini efektif dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah secara otomatis melalui parameter warna dan cahaya yang terdeteksi. Kehadiran teknologi ini diharapkan mampu memberikan standar identifikasi yang lebih konsisten serta objektif, sekaligus mempercepat digitalisasi pada tata kelola perkebunan kelapa sawit.

Kata Kunci: Kematangan Buah Sawit, ESP32, Sensor Warna TCS3200, Sensor Cahaya LDR, K-Nearest Neighbor, Machine Learning

ABSTRACT

Human error and inconsistency in harvesting oil palm fruit are frequent consequences of relying solely on visual ripeness checks. To mitigate this, a new analysis system was constructed using an ESP32 microcontroller paired with TCS3200 color and LDR light sensors. The research employed an experimental methodology to record RGB and light intensity metrics from fruit at three different development stages: unripe, mid-ripe, and fully ripe. These data points were then classified through the K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm within a Google Colab setup. Evidence from the study shows that the system can automatically and reliably sort fruit based on the measured light and color values. By standardizing the identification process, this technology fosters greater objectivity and supports the broader shift toward digital solutions in the oil palm industry.

Keywords: *Oil Palm Ripeness, ESP32, TCS3200 Color Sensor, LDR Light Sensor, K-Nearest Neighbor, Machine Learning*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini dengan baik.

Dalam proses penyusunan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Bapak Karnadi, S. Kom., M. Kom selaku Kaprodi Teknologi informasi.
4. Bapak Kemas. Muhammad Wahyu Hidayat S. Kom., M.Kom Selaku dosen Pembimbing 1 Skripsi.
5. Bapak Dr. Ir. Zulphini Reno Saputra M. Kom Selaku dosen Pembimbing 2 Skripsi.
6. Kedua Orang Tua dan Keluarga, Terutama Ayah dan Ibu saya yang telah memberikan dukungan serta mendoakan setiap saat.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca yang berkepentingan.

Palembang, 11 April 2026



Muhammad Alif Pratama
Nim : 162022037

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRAK.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Tujuan Penelitian.....	7
1.6 Manfaat Penelitian.....	8
1.7 Sistematika Penulisan.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Landasan Teori.....	11
2.1.1 Tingkat Kematangan Buah Sawit.....	11
2.1.2 Sensor Warna (TCS3200).....	13
2.1.3 Sensor Cahaya (<i>LDR</i>).....	14
2.1.4 Mikrontroler ESP32.....	15
2.1.5 Konsep Smart Agriculture.....	16
2.2 Penelitian Terdahulu.....	20
2.2.1 State Of The Art Dan Kebaruan.....	20
2.3 Model Analisis.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Jenis Penelitian.....	27

3.2	Jadwal dan Tempat Penelitian	28
3.2.1	Jadwal Penelitian	28
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	30
3.4	Sumber Data	31
3.5	Metode Pengumpulan Data	32
3.6	Metode / Algoritma Yang Digunakan	33
3.7	Perancangan Sistem.....	34
3.7.1	<i>Flowchart</i> Sistem	35
3.7.2	Arsitektur Sistem.....	37
3.7.3	Perancangan Interface Pada Machine Learning	39
3.8	Metode Pengujian Sistem Atau Alat.....	42
3.8.1	Pengujian Sensor Warna Tcs3200	43
3.8.2	Pengujian Sensor Cahaya LDR.....	43
3.8.3	Pengujian Pengiriman Data Telegram	43
3.8.4	Pengujian Pengolahan Data Machine Learning	44
3.8.5	Pengujian Sistem Keseluruhan	44
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1	Gambaran Umum Obyek / Subyek Penelitian.....	48
4.1.1	Obyek Penelitian	48
4.1.2	Subyek Penelitian	50
4.1.3	Deskripsi <i>Dataset</i>	51
4.2	Analisis System	53
4.2.1	Analisis Alur System	54
4.2.2	Analisis Data Masukan dan Pengolahan	55
4.2.3	Analisis Data Keluaran.....	56
4.3	Implementasi Sistem	58
4.3.1	Impelementasi Dataset	58
4.3.2	Implementasi <i>Preprocessing</i> Data.....	59
4.3.3	Implementasi Pembagian Dataset	61
4.3.4	Implementasi Model <i>Machine Learning</i>	62
4.3.5	Implementasi Parameter Model	63
4.3.6	Implementasi Proses <i>Training Model</i>	64

4.3.7	Implementasi Prediksi Data Uji	65
4.3.8	Implementasi Akurasi Model	66
4.3.9	Implementasi <i>Confusion Matrix</i>	67
4.3.10	Implementasi <i>Classification Report</i>	70
4.3.11	Implementasi Prediksi Data Baru	72
4.3.12	Analisis dan Pembahasan	76
4.4	Pengujian System	79
4.4.1	Pengujian Hasil Deteksi	79
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	85

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.2 Maps Lokasi Penelitian	30
Gambar 3.7.1 Flowchart Sistem	36
Gambar 3.7.2 Arsitektur Sistem	37
Gambar 3.7.3 Preprocessing Data	40
Gambar 3.7.3 Pembagian Dataset	41
Gambar 3.7.3 Parameter Model	42
Gambar 4.3.1 Implementasi Dataset	59
Gambar 4.3.2 Implementasi <i>Preprocessing</i> Data	60
Gambar 4.3.3 Implementasi <i>Dataset</i>	61
Gambar 4.3.4 Implementasi Model <i>Machine Learning</i>	62
Gambar 4.3.5 Implementasi Parameter Model	63
Gambar 4.3.5 Implementasi Proses Training Model	65
Gambar 4.3.7 Implementasi Prediksi Data Uji	66
Gambar 4.3.8 Implementasi Akurasi Model	67
Gambar 4.3.9 Implementasi Confusion Matrix	69
Gambar 4.3.10 <i>Classification Report</i>	72
Gambar 4.3.11 Implementasi Prediksi Data Baru	73
Gambar 4.4.1 Hasil Deteksi	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State Of The Art</i>	22
Tabel 2.2 Kebaruan (<i>Novelty</i>).....	24
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian	28
Tabel 3.7.2 Koneksi Pin Antar Komponen.....	38
Tabel 4.1.3 <i>Dataset</i>	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor ekonomi Indonesia sangat ditopang oleh industri kelapa sawit sebagai salah satu pilar utamanya. Mengingat statusnya sebagai produsen global yang dominan, Indonesia perlu menjaga kestabilan output produksi guna mencukupi permintaan pasar ekspor maupun kebutuhan domestik. Dalam prosesnya, mutu minyak yang diproduksi memiliki keterkaitan erat dengan ketepatan waktu pemanenan berdasarkan fase kematangan buah. Apabila pemanenan dilakukan terlalu dini (buah mentah), hasil ekstraksi atau rendemen minyak tidak akan optimal. Sebaliknya, penundaan panen pada buah yang lewat matang justru memicu kenaikan kadar asam lemak bebas (FFA), yang secara langsung memperburuk kualitas minyak sawit. Efektivitas produktivitas dan standar mutu perkebunan sangat bergantung pada ketelitian dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah di lapangan. [1].

Hanya mengandalkan penglihatan mata manusia dalam menentukan kematangan buah sawit di area perkebunan masih menjadi praktik yang lazim ditemukan. Hingga saat ini, para tenaga panen umumnya masih mengandalkan observasi visual secara konvensional untuk menilai siap atau tidaknya buah tersebut dipetik. Penilaian tersebut biasanya didasarkan pada perubahan warna buah, tingkat kemerahan pada permukaan buah, serta jumlah brondolan yang jatuh di sekitar tandan. Metode konvensional ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain bersifat subjektif, bergantung pada pengalaman pekerja, serta rentan terhadap kesalahan

akibat kelelahan kerja dan kondisi lingkungan. Selain itu, luasnya area perkebunan kelapa sawit dan keterbatasan jumlah tenaga kerja membuat proses pengawasan kematangan buah menjadi kurang optimal. Hal ini dapat menyebabkan ketidaktepatan waktu panen yang berdampak langsung pada penurunan kualitas dan efisiensi produksi buah sawit yang baik dan banyak kadar minyak[2].

Seiring berkembangnya teknologi, konsep pertanian dan perkebunan cerdas (*smart agriculture*) mulai diterapkan untuk mengatasi berbagai permasalahan dalam sektor pertanian modern. *Smart agriculture* memanfaatkan teknologi informasi, sistem sensor, dan perangkat *IoT* untuk membantu proses pemantauan dan pengambilan keputusan berbasis data. Penerapan teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, serta konsistensi dalam berbagai proses budidaya dan pascapanen. Dalam konteks perkebunan kelapa sawit, penggunaan teknologi berbasis sensor menjadi solusi potensial untuk membantu proses analisis tingkat kematangan buah secara otomatis dan objektif.

Warna dan intensitas cahaya yang terpantul dari permukaan kulit merupakan indikator utama dalam menganalisis fase kematangan buah sawit. Secara visual, proses pematangan ini ditandai dengan transisi pigmen yang cukup kontras; buah yang awalnya berwarna hitam atau ungu pekat secara bertahap akan berubah menjadi merah jingga seiring bertambahnya usia kematangan. Tingkat kematangan juga mempengaruhi sifat *reflektansi* cahaya pada permukaan buah. Dengan memanfaatkan sensor warna dan sensor cahaya, karakteristik tersebut dapat dideteksi dan dikonversi menjadi data digital yang selanjutnya diolah untuk menentukan kategori kematangan buah sawit. Pendekatan ini memungkinkan

proses analisis dilakukan secara lebih konsisten dibandingkan pengamatan langsung [3].

Pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT) sering kali memanfaatkan ESP32 sebagai komponen utama karena efisiensi dayanya yang optimal dan kinerjanya yang tangguh, ditambah dengan dukungan konektivitas *Bluetooth* serta *Wi-Fi* yang sudah terintegrasi [4]. Fitur-fitur unggulan ini menjadikan ESP32 sangat ideal berperan sebagai unit pemroses sentral dalam mekanisme *monitoring* sensorik secara langsung. Melalui pemanfaatan mikrokontroler ESP32 yang disinergikan dengan sensor cahaya LDR dan sensor warna TCS3200, penelitian ini berupaya mengenali fase maturitas sawit. Metodologi yang diterapkan berfokus pada pengolahan data pantulan cahaya serta profil warna yang terdeteksi pada kulit luar buah.

Dalam menentukan fase kematangan buah, sistem ini memanfaatkan sensor TCS3200 yang bertugas mengekstraksi nilai *Red*, *Green*, dan *Blue* (RGB) dari permukaan sawit untuk kemudian diproses lebih lanjut. Peran sensor LDR di sini adalah sebagai penyeimbang yang mengukur tingkat pencahayaan di sekitar objek, guna memastikan data warna yang terbaca tetap stabil dan presisi. Sinergi antara kedua sensor ini bertujuan untuk menghasilkan basis data yang konsisten, sehingga penilaian kematangan buah tidak lagi bersifat subjektif melainkan berdasarkan parameter yang terukur. Selanjutnya, informasi yang dihimpun oleh sensor akan diolah oleh unit ESP32 dan ditransmisikan secara nirkabel ke gawai pengguna sebagai sarana pemantauan maupun pengarsipan data [5].

Penggunaan sistem berbasis ESP32 ini memiliki keunggulan dari segi biaya dan fleksibilitas. Perangkat ESP32 relatif murah, mudah diprogram, serta dapat dikembangkan sesuai kebutuhan pengguna [6]. Sistem ini dapat diimplementasikan sebagai alat bantu di lapangan untuk membantu pekerja panen dalam menentukan buah sawit yang telah mencapai tingkat kematangan optimal. Selain itu, data yang dikumpulkan dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dan analisis lebih lanjut guna meningkatkan manajemen panen dan produktivitas perkebunan.

Integrasi antara ESP32, sensor warna TCS3200, dan sensor cahaya LDR diproyeksikan mampu mentransformasi metode penentuan masa panen menjadi lebih presisi, efisien, serta terukur secara objektif. Implementasi teknologi ini memiliki peluang besar dalam meminimalisir faktor *human error*, mengoptimalkan standar mutu produksi, dan mendorong digitalisasi di industri kelapa sawit [7]. Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan solusi melalui skripsi yang bertajuk **“ANALISIS SISTEM PENDETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH SAWIT BERBASIS IoT MENGGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR”**.

1.2 Identifikasi Masalah

Mengacu pada penjelasan dalam latar belakang studi terkait penggunaan mikrokontroler ESP32 serta integrasi sensor cahaya dan warna untuk menganalisis fase kematangan kelapa sawit, maka sejumlah persoalan dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Penilaian fase matang pada buah sawit di area perkebunan masih didominasi oleh metode konvensional yang bertumpu pada penglihatan mata para

pemanen. Hal ini menyebabkan hasil identifikasi menjadi tidak konsisten karena dipengaruhi oleh persepsi individu, yang pada akhirnya berisiko memicu kekeliruan dalam menetapkan jadwal panen paling tepat.

2. Perubahan kondisi pencahayaan lingkungan saat pengamatan dapat mempengaruhi penilaian tingkat kematangan buah sawit, sehingga hasil pengamatan menjadi kurang konsisten dan akurat.
3. Belum tersedia mekanisme otomatisasi menggunakan mikrokontroler yang mengintegrasikan sensor warna TCS3200 dengan sensor cahaya LDR untuk mengekstraksi nilai RGB serta tingkat pencahayaan secara akurat guna menilai kematangan buah sawit.
4. Pemanfaatan data dari sensor warna dan cahaya masih belum dimaksimalkan melalui pendekatan *machine learning*, yang sebenarnya berpotensi besar dalam memperkuat presisi pengelompokan fase kematangan pada buah sawit.

1.3 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang, maka fokus permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana tahapan perancangan serta implementasi perangkat analisis fase kematangan kelapa sawit yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan sensor cahaya LDR dan sensor warna TCS3200?
2. Bagaimana efektivitas pengelompokan tingkat kematangan buah sawit saat data intensitas cahaya dan parameter RGB diproses melalui penerapan algoritma *machine learning* K-Nearest Neighbor (KNN)?
3. Sejauh mana tingkat presisi yang dihasilkan oleh sistem klasifikasi berbasis

ESP32 dan kombinasi sensor tersebut jika dikomparasikan dengan hasil pengamatan manual yang dilakukan di area perkebunan?

1.4 Batasan Masalah

Guna memastikan cakupan penelitian tetap fokus dan konsisten dengan sasaran yang ingin dicapai, maka batasan masalah dalam studi ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pengkajian fase kematangan kelapa sawit melalui parameter nilai warna RGB yang diperoleh dari sensor TCS3200 serta pengukuran tingkat pencahayaan menggunakan sensor LDR.
2. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat pengendali sistem adalah ESP32.
3. Tingkat kematangan buah kelapa sawit yang dianalisis dibatasi pada tiga kategori, yaitu mentah, setengah matang, dan matang.
4. Data yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari sampel buah kelapa sawit yang diambil secara langsung dari lokasi penelitian.
5. Sistem tidak menggunakan kamera atau pengolahan citra digital, melainkan hanya berdasarkan data pembacaan sensor warna dan sensor cahaya.
6. Metode *machine learning* dengan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) diterapkan sebagai instrumen utama dalam mengategorikan fase kematangan pada buah kelapa sawit.

7. Pengaruh faktor lain seperti ukuran buah, kondisi permukaan buah, dan kondisi lingkungan yang ekstrem tidak dibahas secara mendalam dalam penelitian ini.
8. Sistem yang dikembangkan difokuskan sebagai alat bantu analisis tingkat kematangan buah kelapa sawit dan belum digunakan untuk proses sortir otomatis secara langsung.

1.5 Tujuan Penelitian

Sasaran yang ingin dicapai melalui pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Mendesain serta mengonstruksi sebuah perangkat akuisisi data kematangan kelapa sawit yang mengintegrasikan unit mikrokontroler ESP32 dengan modul sensor cahaya LDR dan sensor warna TCS3200.
2. Menghimpun basis data yang mencakup parameter intensitas cahaya serta nilai RGB dari sampel buah sawit pada berbagai fase, mulai dari kategori mentah, setengah matang, hingga matang.
3. Melakukan pemrosesan serta analisis data hasil deteksi sensor melalui platform Google Colab guna mengategorikan tingkat kematangan buah menggunakan pendekatan *machine learning* dengan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN).
4. Mengembangkan model klasifikasi penentuan fase kematangan sawit yang berbasis pada *input* data dari sensor warna serta sensor cahaya yang telah dikumpulkan.

5. Melakukan pengujian terhadap presisi sistem klasifikasi dengan cara mengomparasikan akurasi prediksi perangkat terhadap data hasil observasi visual langsung di area perkebunan.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat melalui pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi dalam menentukan tingkat kematangan buah kelapa sawit secara lebih objektif menggunakan sensor warna TCS3200 dan sensor cahaya LDR berbasis ESP32.
2. Membantu pekerja perkebunan dalam mengurangi kesalahan pengamatan visual terhadap tingkat kematangan buah kelapa sawit.
3. Meningkatkan efisiensi proses panen sehingga kualitas hasil panen buah kelapa sawit menjadi lebih optimal.
4. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait penggunaan sensor warna dan sensor cahaya untuk klasifikasi tingkat kematangan buah berbasis *machine learning*.
5. Memanfaatkan pengolahan data sensor menggunakan platform Google Colab sehingga analisis data dapat dilakukan secara lebih fleksibel dan akurat.
6. Mendukung penerapan teknologi digital dan konsep *smart agriculture* pada sektor perkebunan kelapa sawit.

1.7 Sistematika Penulisan

Struktur penyusunan skripsi ini terbagi menjadi lima bab dengan uraian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini memaparkan latar belakang, identifikasi serta rumusan masalah, batasan dalam penelitian, sasaran yang ingin dicapai, kegunaan penelitian, hingga alur sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan kerangka teori yang relevan dengan topik studi, telaah terhadap penelitian terdahulu, kerangka analisis yang diterapkan, serta pengajuan hipotesis penelitian (apabila diperlukan).

BAB III METODE PENELITIAN

Bagian ini menguraikan prosedur penelitian yang diterapkan, mencakup karakteristik studi, jadwal dan lokasi kegiatan, spesifikasi perangkat serta material, asal data, hingga teknik pengumpulan informasi. Selain itu, dipaparkan pula algoritma yang diimplementasikan, desain sistem, alur kerja (*flowchart*), arsitektur perangkat, rancangan antarmuka, prosedur evaluasi sistem, serta kendala dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan deskripsi umum mengenai subjek penelitian, evaluasi sistem, proses penerapan perangkat, luaran dari pengolahan data, hingga tahapan pengujian serta interpretasi mendalam terhadap temuan riset.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian penutup ini merangkum inti sari dari temuan penelitian yang telah dilaksanakan, sekaligus memberikan rekomendasi bagi penyempurnaan atau pengembangan studi di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. C. M. Putro and R. Rasyid, “Rancang Bangun Detektor Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan Sensor Tcs3200 Dan Modul Wifi ESP32-CAM dengan Notifikasi via Telegram,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 13, no. 1, pp. 68–74, Jan. 2024, doi: 10.25077/jfu.13.1.68-74.2024.
- [2] W. Eka Sari et al., “Deteksi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit Dengan Algoritme K-Means”, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31598>
- [3] “Analisa_Deteksi_Tingkat_Kualitas_Minyak_Pada_Buah_(1)”.
- [4] Anggara, W. E. F., Yuana, H., & Puspitasari, W. D. (2023). Rancang bangun alat monitor ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 dan framework Blynk. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(5), 3837-3845.
- [5] H. M. Hutajulu, A. Yanie, L. Adriana, and D. Safitri, “Rancang Bangun Deteksi Kematangan Buah Kelapa Sawit Dan Peringatan Berbasis Telegram”.
- [6] Siregar, S. K., Apdilah, D., Khojali, M., & Jodi, N. A. (2026). Alat Penyiram Tanaman Berbasis Internet of Things (IoT) dengan ESP32 dan Aplikasi Blynk: Penelitian. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 4(3), 20725-20729.
- [7] A. C. M. Putro and R. Rasyid, “Rancang Bangun Detektor Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan Sensor Tcs3200 Dan Modul Wifi ESP32-CAM dengan Notifikasi via Telegram,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 13, no. 1, pp. 68–74, Jan. 2024, doi: 10.25077/jfu.13.1.68-74.2024.
- [8] Akbar, A. R. M., Legowo, A. C., & Rustiani, K. (2022). Penentuan Waktu Panen Berdasarkan Variasi Hari Berondolan Pada Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat Studi Kasus Di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Agritech: Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 24(2), 167-173.
- [9] S. Salsabilla, I. Nirmala, and T. Rismawan, “Sistem Pemilah Otomatis Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani

- Dan Sensor TCS3200,” *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 5, no. 1, pp. 144–154, Nov. 2023, doi: 10.47065/josyc.v5i1.4449.
- [10] Sari, W. K., & Rusmanida, R. (2023). Perbandingan rendemen kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di perkebunan rakyat dan perkebunan PT Tidar Kerinci Agung. *Jagur Jurnal Agroteknologi*, 5(1), 7-15.
- [11] R. Bangun Prototype Sortir Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Tingkat Kematangan Berbasis Arduino Uno Muhammad Andri, J. Jasmir, and W. Riyadi, “Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer (Jakakom),” *Jakakom*, 2023. [Online]. Available: <http://ejournal.unama.ac.id/index.php/jakakom>
- [12] N. Evitarina and K. Kusri, “Metode Klasifikasi Kematangan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit: Sebuah Tinjauan Sistematis,” *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 4, pp. 2324–2333, Oct. 2024, doi: 10.70609/gtech.v8i4.5050.
- [13] A. Wibowo, I. Parlina, A. Wanto Teknik Informatika, S. Tunas Bangsa Pematangsiantar, and R. Artikel, “Rancang Bangun Mesin Sortir Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Sensor Warna Tcs3200 Berbasis Arduino Uno Info Artikel Abstrak,” vol. 1, no. 2, pp. 9–15, 2022, doi: 10.55123.
- [14] M. Shiddiq, L. B. Sitohang, I. R. Husein, S. A. Ningsih, S. Hermonica, and A. Fadillah, “Hidung Elektronik Berbasis Sensor Gas Mos Untuk Karakterisasi Kematangan Buah Kelapa Sawit,” *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, vol. 10, no. 2, p. 170, Jun. 2021, doi: 10.23960/jtep-1.v10i2.170-182.
- [15] Hadikusuma, A. W., Firmansyah, I. M., Ailsa, A. S. Y., Hakim, H. R., Faiq, M. A. M., & Hasanah, H. (2025, July). Sistem Lampu Otomatis dengan Sensor Cahaya. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis* (pp. 572-579).
- [16] Hutagaol, A. P. W., Manurung, N. F. D., Pasaribu, W. P. S., Suryanto, E. D., & Saragi, D. P. (2026). Prototype Sistem Keamanan Rumah Berbasis Multi-Sensor

Dan Notifikasi Sms Menggunakan Esp32. *Journal Sains Student Research*, 4(2), 197-210.

- [17] Kurniawan, H. R., Purnama, B. R., & Farida, A. N. (2025, July). Sistem Pengendalian Suhu Otomatis pada Ruangan Berbasis IoT dengan Kipas PWM dan Sensor DHT11. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis* (pp. 771-778).
- [18] A. Wijaya, S. Aini, and K. W. Hidayat, "A Real-Time Egg Incubator Monitoring System with ESP32 and Blynk," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 616–625, 2025, doi: 10.30811/jaise.v5i2.6874.
- [19] D. Antoni, "Pemanfaatan Media Sosial Sebagai Media Pembelajaran Pada Mahasiswa Perguruan Tinggi Di Sumsel Media Of Social Media Utilization As a Learning At High College Students In South Sumatra," *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, vol. 1, 2018.
- [20] J. W. Lai, H. R. Ramli, L. I. Ismail, and W. Z. Wan Hasan, "Oil Palm Fresh Fruit Bunch Ripeness Detection Methods: A Systematic Review," Jan. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/agriculture13010156.