Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 15, No. 4, Juli 2026, hal. 397 – 404
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.15.4.397-404.2026

Open Access

Rancang Bangun Alat Penyimpan dan Pendeteksi Kematangan Pisang Ambon (*Musa paradisiaca var. sapientum*) Menggunakan Sensor TCS34725 Berbasis *Machine learning*

Nur Aisya Zakila, Nini Firmawati*
Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 16 Januari 2026
Direvisi: 20 Mei 2026
Diterima: 31 Juli 2026

Kata kunci:
machine learning
pendeteksi kematangan
sensor DHT22
sensor MQ-3
sensor TCS34725

ABSTRAK

Pisang merupakan komoditas buah dengan produksi tertinggi di Indonesia, namun mudah mengalami perubahan mutu setelah panen. Salah satu faktor lingkungan yang perlu diperhatikan untuk menjaga kualitas buah pascapanen adalah suhu penyimpanan. Penelitian ini bertujuan merancang prototipe sistem penyimpanan pisang dengan pengendalian suhu otomatis serta pendeteksi kematangan pisang menggunakan sensor TCS34725 yang diimplementasikan dengan *machine learning*. Sistem dilengkapi dengan sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan, sensor MQ-3 untuk mendeteksi kadar alkohol, serta elemen peltier untuk mengontrol suhu ruang penyimpanan. Klasifikasi tingkat kematangan menggunakan model *machine learning* yang dilatih dengan metode SVM dengan akurasi 94%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga suhu penyimpanan pada rentang 20°C hingga 25°C. Pengujian dilakukan menggunakan 5 buah pisang yang diletakkan di dalam sistem dan 5 buah pisang di luar sistem. Pisang yang disimpan dalam sistem matang pada hari ke-10, sedangkan pisang yang disimpan di luar sistem matang pada hari ke-8. Pisang dalam sistem memiliki waktu simpan hingga 23 hari sebelum busuk, sedangkan pisang yang disimpan di luar sistem busuk pada hari ke-19. Pisang yang disimpan dalam sistem mengalami susut bobot 31%, sedangkan pisang yang disimpan di luar sistem mengalami susut bobot sebesar 38%. Sistem dapat menampilkan kondisi pisang secara real time melalui LCD.

Keywords:
machine learning
ripeness detection
DHT22 sensor
MQ-3 sensor
TCS34725 sensor

Penulis Korespondensi:
Nini Firmawati
Email:ninifirmawati@sci.unand.ac.id

Banana is one of the most widely produced fruits in Indonesia; however, it is highly perishable after harvest. One environmental factor that needs to be considered to maintain post-harvest fruit quality is storage temperature. This study aims to design a prototype banana storage system with automatic temperature control and banana ripeness detection using a TCS34725 sensor implemented with machine learning. The system is equipped with a DHT22 sensor to monitor temperature and humidity, an MQ-3 sensor to detect alcohol content, and a Peltier element to control the storage room temperature. The ripeness level classification uses a machine learning model trained with the SVM method with 94% accuracy. The test results show that the system is capable of maintaining the storage temperature in the range of 20°C to 25°C. The test was conducted using 5 bananas placed inside the system and 5 bananas outside the system. The bananas stored in the system ripened on the 10th day, while the bananas stored outside the system ripened on the 8th day. The bananas in the system had a shelf life of up to 23 days before rotting, while the bananas stored outside the system rotted on the 19th day. The bananas stored in the system experienced a 31% weight loss, while the bananas stored outside the system experienced a 38% weight loss. The system is capable of displaying real-time banana conditions through an LCD interface

Copyright © 2026 Author(s).

I. PENDAHULUAN

Pisang merupakan komoditas unggulan yang memberikan kontribusi besar terhadap angka produksi buah nasional. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2024 total produksi buah Indonesia mencapai 32,3 juta ton. Pisang menjadi produksi buah tertinggi yaitu sebanyak 9,69 juta ton (BPS, 2025). Produksi pisang yang tinggi sebanding dengan tingkat konsumsi buah yang juga terus meningkat. Pisang termasuk buah klimakterik yang memiliki kerentanan terhadap penurunan mutu setelah dipanen, sehingga rentan mengalami pembusukan. Suhu penyimpanan merupakan salah satu faktor lingkungan yang perlu diperhatikan saat penanganan pascapanen (Santosa, 2023). Menurut penelitian Bantayehu et al. (2017), pemeraman pisang pada suhu 20°C dan 25°C menghasilkan kematangan yang merata dengan kualitas buah yang lebih baik dibandingkan pemeraman pada suhu 30°C dan 15°C.

Proses pemeraman pisang dapat dilakukan dengan menambahkan bahan kimia ataupun menggunakan metode tradisional. Pemeraman menggunakan bahan kimia cenderung menyebabkan buah pisang cepat rontok dengan warna kulit yang mudah menghitam dan cepat membusuk sehingga tidak dapat disimpan lebih lama. (Anggriani & Noor, 2025). Metode pemeraman tradisional yang sering dilakukan yaitu pemeraman menggunakan lubang tanah. Metode ini kurang efisien karena suhu tidak dapat dikontrol secara konsisten dan adanya risiko kontaminasi. Perkembangan teknologi memungkinkan penggunaan otomatisasi pengendalian suhu untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi dalam penyimpanan pisang. Purwono (2024) telah merancang alat pemeraman pisang berbasis Arduino UNO dengan menggunakan lampu pijar sebagai sumber panas utama dalam ruang pemeraman. Suhu maksimal ruang pemeraman mencapai 36°C, kemudian turun hingga 32°C karena penguapan air dari hasil respirasi pisang yang memenuhi ruangan dengan uap air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pisang yang disimpan pada kotak pemeraman matang 2 hingga 3 hari lebih cepat dibandingkan dengan pisang yang diletakkan di luar kotak.

Penentuan kematangan buah biasanya dilakukan secara manual dengan mengamati ciri fisik buah seperti warna kulit, ukuran, tekstur maupun aroma. Penentuan dengan cara ini memiliki kelemahan karena penilaian manusia bersifat subjektif dan tidak konsisten. Hal ini dapat menyebabkan ketidakseragaman hasil pengamatan antar penilai. Diperlukan teknologi yang dapat membantu klasifikasi tingkat kematangan buah pisang agar kematangan pisang lebih seragam. Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan *machine learning* memungkinkan pemantauan kondisi pemeraman secara *real-time* dan otomatis. Berdasarkan permasalahan sebelumnya, penelitian ini membuat sebuah prototipe alat penyimpan pisang dengan pengendalian suhu serta pendeteksi kematangan menggunakan sensor warna TCS34725 berbasis *machine learning*. Sensor TCS34725 memiliki kemampuan dalam mengukur nilai RGB secara akurat, serta memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan warna. Sistem juga dilengkapi beberapa komponen lain yaitu: elemen peltier sebagai pendingin untuk mengatur luar sistem penyimpanan dalam rentang 20°C hingga 25°C, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan ruangan, serta sensor warna TCS34725 untuk mendeteksi kematangan pisang berdasarkan nilai RGB dan sensor MQ-3 untuk memantau kadar alkohol. Tingkat kematangan pisang dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu mentah, matang dan terlalu matang berdasarkan nilai RGB nya. Pengolahan data warna RGB dalam penentuan tingkat kematangan dilakukan menggunakan metode Support Vector Machine (SVM). Metode ini dipilih karena memiliki kemampuan yang baik dalam mempelajari pola data tabular dan menghasilkan prediksi yang akurat. Penelitian ini menggunakan data latih sebanyak 150 data untuk setiap kategori kematangan. Hasil pengolahan data, nilai suhu, kelembapan, kadar alkohol dan kondisi kematangan pisang ditampilkan pada LCD (Liquid Crystal Display).

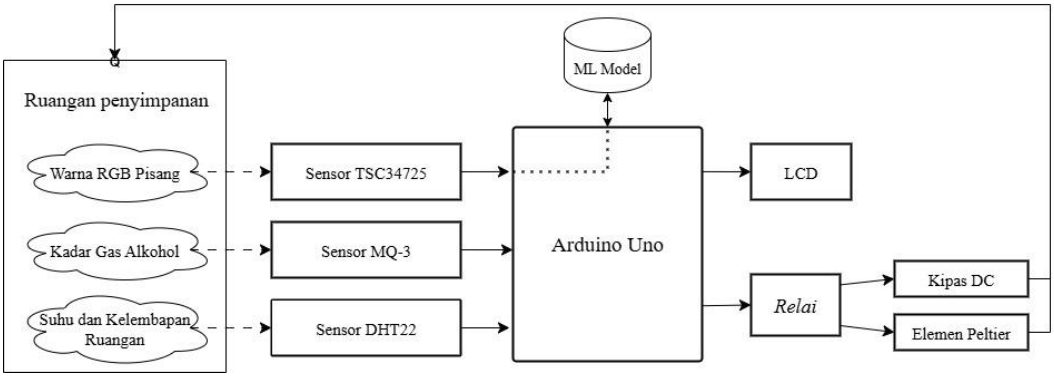
II. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu: laptop, multimeter digital, Lutron MCH-383SD sebagai alat pembanding sensor DHT22, Arduino UNO R3, sensor TCS34725 untuk mendeteksi perubahan warna RGB pisang, sensor MQ-3, sensor DHT22, elemen peltier, kipas DC, *styrofoam*. LCD, *jumper*, *breadboard*, *power Supply* dan pisang Ambon sebagai sampel uji.

2.2 Perancangan Diagram Blok Sistem

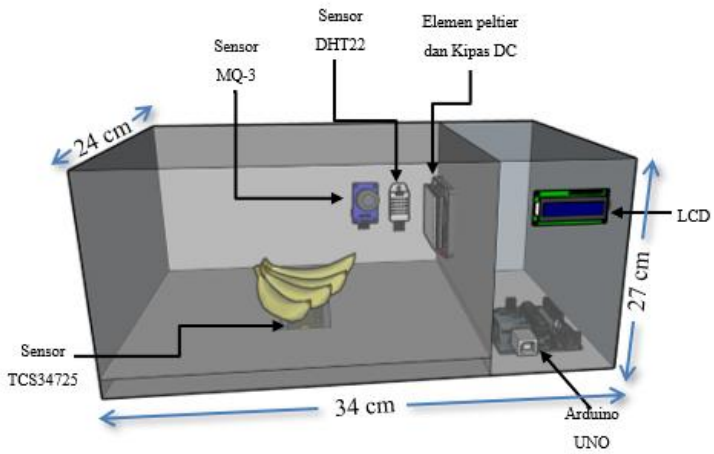
Sistem terdiri dari sensor TCS34725, sensor DHT22, sensor MQ-3, elemen peltier, kipas DC yang diletakkan di dalam ruang penyimpanan. Sistem akan mendeteksi nilai warna RGB dan kadar gas alkohol dari pisang selama proses pemeraman yang diukur dengan sensor TCS34725 dan sensor MQ-3. *Input* nilai RGB dari sensor TCS34725 dioperasikan menggunakan model *machine learning* untuk deteksi kematangan. Suhu dan kelembapan di dalam ruangan diukur menggunakan sensor DHT22. Suhu di dalam ruangan dikontrol agar tetap berada pada rentang 20°C hingga 25°C menggunakan elemen peltier dan kipas DC. Data yang telah diproses kemudian ditampilkan pada LCD. Diagram blok perancangan sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem.

2.3 Perancangan Bentuk Fisik Alat

Rancangan alat secara keseluruhan adalah pengambaran komponen komponen yang digunakan pada pembuatan alat penyimpanan pisang. Rancangan alat memiliki ukuran 34 cm x 24 cm x 27 cm dengan bahan dasar *styrofoam* sebagai kotak penyimpanan. *Styrofoam* memiliki memiliki daya isolasi termal tinggi, sehingga mampu mempertahankan suhu di dalam alat agar lebih stabil. Rancangan alat terdiri dari Arduino UNO, sensor TCS34725, sensor MQ-3, sensor DHT22, elemen peltier, kipas DC dan LCD. Rancangan alat keseluruhan ditempatkan pada satu tempat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Rancangan bentuk fisik alat

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil Karakterisasi Sensor TCS34725

Karakterisasi sensor TCS34725 dilakukan menggunakan benda berwarna (merah, hijau dan biru). Jarak pengukuran divariasikan untuk mengetahui pengaruh jarak antara sensor dan objek terhadap akurasi pembacaan nilai RGB (*Red, Green, Blue*). Data rata-rata hasil pengukuran dari 3 kali percobaan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Nilai rata-rata RGB hasil karakterisasi sensor TCS34725

Objek	Jarak (cm)	Keluaran sensor		
		Nilai (R)	Nilai (G)	Nilai (B)
Benda warna merah	1	93	38	25
	2	30	9	8
	3	14	6	5
Benda warna hijau	1	94	201	96
	2	16	37	19
	3	9	19	10
Benda warna biru	1	50	100	106
	2	17	34	37
	3	10	18	20

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jarak antara sensor dan permukaan objek mempengaruhi nilai RGB yang terbaca oleh sensor. Pada jarak 1 cm nilai RGB yang terukur memiliki intensitas paling tinggi untuk semua warna, misalnya pada warna merah diperoleh R = 93, G = 38, dan B = 25. Sebaliknya, pada jarak 3 cm nilai RGB turun drastis dan mendekati nol (R=14, G=6, B=5 untuk warrna merah) yang menandakan rendahnya intensitas cahaya pantulan yang ditangkap sensor. Jarak 2 cm memberikan data yang masih dapat dibedakan untuk masing masing warna. Hasil ini menunjukan bahwa jarak ideal untuk aplikasi pendeteksian warna menggunakan TCS34725 adalah 1 cm hingga 2 cm karena sensor lebih mudah dalam mengenali perubahan warna. Hasil ini sesuai dengan *datasheets* TCS34725 (Adafruit Industries, 2013), sensor ini dirancang untuk bekerja optimal dalam jarak pendek sekitar 1 cm hingga 2 cm. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hayati et al. (2024) yang menunjukkan bahwa jarak deteksi maksimum antara objek dan sensor untuk sensor TCS34725 adalah 2 cm.

3.2 Hasil Pengumpulan Dataset Objek

Pengumpulan dataset dilakukan untuk memperoleh nilai-nilai RGB dari buah pisang pada tiga kategori kematangan. Tingkat kematangan buah ditentukan berdasarkan indikator penginderaan secara subjektif berdasarkan warna, rasa, tekstur dan aroma buah. Pengumpulan dataset dilakukan menggunakan 5 sampel pisang yang masih mentah, 5 sampel pisang matang dan 5 sampel pisang terlalu matang. Pengumpulan dataset dilakukan dengan mengukur nilai RGB dari sampel menggunakan sensor TSC34725 yang dilakukan sebanyak 3 kali dalam satu hari untuk setiap buahnya.

Dataset yang terkumpul digunakan untuk melatih model *machine learning*. Data mentah terlebih dahulu diproses untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi model. Proses ini meliputi penyaringan data *outlier* untuk mengurangi *noise* dan mempercepat proses pelatihan. Jumlah dataset yang digunakan yaitu 500 data yang dibagi menjadi 360 data yang digunakan untuk melatih mesin, 90 data validasi yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari model, 50 data tes yang digunakan untuk mencoba kemampuan model dalam mendeteksi kematangan.

3.3 Hasil Perancangan dan Pengujian Model Pelatihan

Perancangan model *machine learning* dilakukan menggunakan metode SVM yang dirancang menggunakan Google Colab dengan bahasa program Python. Model dilatih menggunakan pembagian data 80% untuk pelatihan dan 20% untuk validasi. Setelah didapatkan Model SVM yang terbaik, kemudian diterapkan langsung pada perangkat keras sistem untuk diuji menggunakan data tes. Pengujian model dilakukan menggunakan 50 data selain data latih dan data validasi. Hasil pengujian menggunakan data tes dapat dilihat melalui *confusion matrix* pada Tabel 2.

Tabel 2 Confusion matrix data tes

		Nilai Prediksi		
		Mentah	**Matang**	**Terlalu matang**
Nilai Aktual	Mentah	16	0	0
	Matang	0	15	2
	Terlalu matang	0	0	17

Hasil pada *confusion matrix* dapat digunakan untuk menentukan *accuracy, presicion, recall*, dan *F1-score*, diperoleh hasil seperti pada Table 3.

Tabel 3 Hasil perhitungan accuracy, precision, recall, F1-score

Kategori	Accuracy	Precision	Recall	F1Score
Mentah	1	1	1	1
Matang	0,88	1	0,88	0,93
Terlalu matang	1	0,89	1	0,94
Rata-rata	0,96	0,96	0,96	0,96

Total *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* rata-rata yang didapatkan dari hasil tes adalah sebesar 96%. Nilai ini menunjukkan bahwa model yang digunakan berhasil mengklasifikasikan tingkat kematangan pisang berdasarkan nilai RGB dengan baik.

3.4 Hasil Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian rangkaian sistem keseluruhan dilakukan setelah masing-masing komponen alat terkalibrasi dan dipastikan berfungsi dengan baik. Pengujian keseluruhan sistem dimulai dari penyimpanan pisang yang masih mentah di dalam ruang penyimpanan hingga matang dengan mengamati kadar alkohol, suhu, kelembapan serta kondisi pisang pada ruang penyimpanan. Hasil pemantauan sistem dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian sistem secara keseluruhan

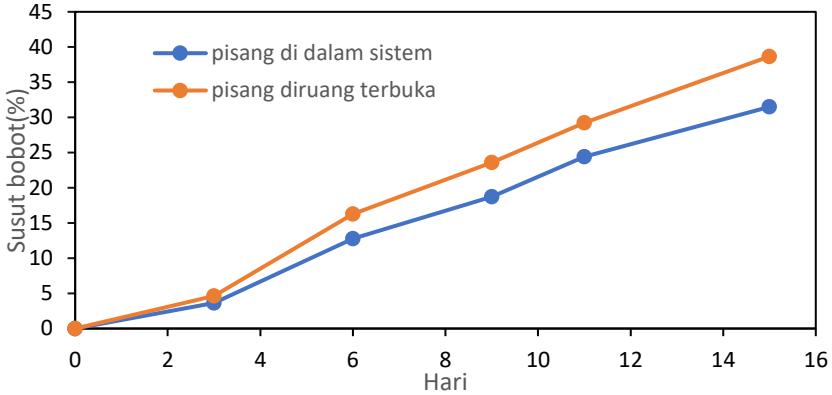
Hari ke	Kondisi Pisang	Alkohol (%)	Warna			Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Elemen Peltier dan Kipas DC	Tampilan LCD
			R	G	B				
1	Mentah	0,09	70	92	37	29	65	*ON*	Mentah
4	Mentah	0,1	37	43	14	21,8	65	*ON*	Mentah
6	Mentah	0,1	53	55	21	19,8	79	*OFF*	Mentah
10	Matang	0,15	69	65	26	24	69	*ON*	Matang
13	Matang	0,17	51	45	17	24,1	71	*ON*	Matang
16	Matang	0,19	31	31	12	23,9	76	*ON*	Matang
19	Terlalu matang	0,23	23	21	11	18,9	80	*OFF*	Terlalu matang
22	Terlalu matang	0,27	18	16	9	22	75	*ON*	Terlalu matang
24	Busuk	0,3	11	10	6	24,3	77	*ON*	Terlalu matang

Berdasarkan tabel 4 dapat disimpulkan bahwa sistem dapat menjaga suhu ruang penyimpanan tetap berada pada rentang 20°C hingga 25°C dengan kelembapan berkisar antara 65% hingga 80%. Kelembapan pada ruang pemeraman belum sesuai dengan kelembapan ideal untuk penyimpanan pisang,

dimana kelembapan ideal untuk penyimpanan pisang adalah 90% hingga 95%. Sistem juga dapat memantau kadar gas alkohol. Gas alkohol merupakan salah satu senyawa volatil yang dihasilkan secara alami oleh buah pisang selama proses pematangan. Pisang mentah memiliki kadar alkohol < 0,1%, pisang matang memiliki kadar alkohol 0,1 % hingga 0,2%, sedangkan pisang terlalu matang memiliki kadar alkohol > 0,2%. Kadar alkohol terus meningkat seiring proses pematangan pisang. Hal ini menunjukan bahwa penyimpanan menggunakan sistem tidak menghambat proses respirasi pada saat pemeraman.

Kondisi pisang yang disimpan di dalam alat penyimpanan dapat di pantau dan diinformasikan secara real time. Sensor TCS34725 akan membaca nilai RGB kulit pisang, kemudian input nilai RGB diolah oleh mikrokontroler untuk menentukan kondisi pisang, apakah pisang masih mentah, matang, atau terlalu matang, berdasarkan pada model klasifikasi yang telah dibuat sebelumnya. Hasil klasifikasi tingkat kematangan, suhu dan kelembapan serta kadar alkohol pada ruang penyimpanan dapat ditampilkan pada LCD.

Pengujian juga dilakukan dengan membandingkan pisang yang disimpan menggunakan sistem dengan yang tidak menggunakan sistem (di luar sistem). Perbandingan dilakukan dengan mengamati perubahan warna pisang, lama waktu pematangan serta perubahan bobot selama proses pemeraman. Pisang yang disimpan menggunakan sistem matang dalam waktu 10 hari, sedangkan pisang yang disimpan di ruang terbuka matang dalam 8 hari. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yang et al. (2011) bahwa pisang yang disimpan pada suhu 25°C matang lebih lama dibanding pisang yang disimpan di suhu 30°C dengan selisih waktu pematangan satu hari. Pisang yang di simpan menggunakan sistem memiliki waktu simpan yang lebih panjang dibanding pisang yang disimpan di ruang terbuka. Penyimpanan menggunakan sistem memiliki hasil yang lebih baik dengan kehilangan bobot yang lebih kecil dibandingkan dengan pemeraman tanpa sistem, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik perbandingan susut bobot

Nilai susut bobot pisang terus mengalami kenaikan selama masa penyimpanan. Pisang yang diperam menggunakan sistem megalami susut bobot akhir yang lebih kecil yaitu 31%, sedangkan yang di simpan di ruang terbuka mengalami susut bobot sebesar 38%. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Triardianto et al. (2022), pisang yang disimpan pada suhu 20°C selama 14 hari mengalami kehilangan bobot sebesar 34%. Susut bobot disebabkan karena hilangnya air dalam proses transpirasi dan respirasi. Susut bobot akan bertambah seiring dengan kenaikan suhu dan lamanya waktu penyimpanan.

Berdasarkan pengamatan terhadap perubahan warna kulit buah pisang, menunjukan hasil yang tidak jauh berbeda antara pisang yang di simpan menggunakan sistem dengan yang diletakkan diluar sistem. Hal ini terjadi karena kedua perlakuan sama-sama tidak menggunakan ethilen booster dan kelembapan dalam sistem dan di luar sistem juga berada pada rentang 65% hingga 80%. Kelembapan relatif untuk pemeraman pisang berkisar antara 90% hingga 95% (Anggriani & Noor, 2025). Penelitian Hayati et al. (2023) menegaskan bahwa faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, serta kadar gas tertentu dalam ruang penyimpanan mempengaruhi proses pematangan.

Berdasarkan pengamatan keseluruhan, meskipun warna akhir pisang pada kedua kondisi penyimpanan terlihat serupa, namun pisang yang disimpan menggunakan sistem memiliki nilai susut bobot yang lebih kecil. Hal ini berarti bahwa pisang yang disimpan menggunakan sistem memiliki

kualitas yang lebih baik. Sistem juga dapat memperpanjang waktu simpan lebih lama sebelum memasuki fase terlalu matang dan busuk.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe yang telah dirancang dapat berjalan dengan baik. Pendeteksi kematangan pisang menggunakan sensor TCS34725 yang diintegrasikan dengan *machine learning* memiliki akurasi yang tinggi yaitu 94%. Metode SVM dapat diterapkan menggunakan Arduino UNO karena kebutuhan memori dan komputasi yang lebih mudah. Prototipe sistem dapat mengatur suhu pemeraman agar tetap berada pada rentang 20℃ hingga 25℃ serta dapat memberikan informasi suhu, kelembapan dan kondisi tingkat kematangan pisang dalam ruang penyimpanan secara *real time*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pisang yang disimpan dalam sistem dengan yang disimpan di luar sistem. Perbandingan penyimpanan menunjukkan bahwa pisang yang disimpan pada sistem matang pada hari ke-10, sedangkan pisang yang disimpan di luar sistem matang pada hari ke-8. Pisang dalam sistem memiliki waktu simpan hingga 23 hari sebelum busuk, sedangkan pisang yang disimpan di luar sistem busuk pada hari ke-19. Pisang yang disimpan dalam sistem menunjukkan warna kulit yang lebih seragam dengan susut bobot 31%, sedangkan pisang yang disimpan di luar sistem mengalami susut bobot sebesar 38%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF DAN TEKNOLOGI BERBASIS AI

GPT hanya digunakan untuk mengoreksi kesalahan tata bahasa dan tipografi. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi dan integritas publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Adafruit Industries., 2013, TCS34725: RGB Color Sensor with IR Filter Datasheet, https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TCS34725.pdf (diakses 26-Agustus-2025).

Anggriani, R., Noor, H., 2025, Fisiologi dan Teknologi Pascapanen, UMM Press, Malang.

Aosong Electronics., 2018, Digital Output Relative Humidity & Temperature Sensor/Module DHT22 (AM2302), https://example.com/dht22-datasheet.pdf (diakses 26-Agustus-2025).

Bantayehu, M., Alemayehu, M., Abera, M., Solomon, B., 2017, Postharvest Losses Assessment of Tropical Fruits in the Market Chain of North Western Ethiopia, Food Science and Quality Management, Vol. 66, Hal. 13-24.

BPS, 2025, Suhu Udara (Celcius), Badan Pusat Statistik Kota Padang https://padangkota.bps.go.id/id/statisticstable/2/MzcxIzI=/suhu-udara.html (diakses 26-Agustus-2025).

BPS, 2025, Produksi Buah-buahan dan Sayuran Menurut Jenis Tanaman Menurut Provinsi 2024, Badan Pusat Statistik, https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/U0dKc1owczVSalJ5VFdOMWVETnlVRVJ6YlRJMFp6MDkjMw==/produksi-buah-buahan-menurut-jenis-tanaman-menurut-provinsi.html?year=2023 (diakses 26-Agustus-2025).

Hayati, N., Mahendra, R.I., Putra, K.T., Prasetyo, E., Setiawan, C.K., 2024, Developing an Automatic Tomato Ripeness Sorting Prototype to Enhance Post Harvest Efficiency, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Hal. 1–12, DOI: 10.1088/1755-1315/1417/1/012022.

Kader, A., 2002, Postharvest Technology of Horticultural Crops, Edisi Ketiga, University of California Agriculture and Natural Resources, California.

Marhaen, M., Kusmiadi, R., Ropalia, R., 2023, Kajian Penggunaan Daun Pisang Kering dalam Pematangan Buah Pisang (Musa Paradisiaca L CV. Kepok) dengan Metode Pemeraman di Lubang Tanah, Jurnal Ilmiah Pertanian dan Peternakan, Vol. 1, Hal. 35–46, DOI: 10.35912/jipper.v1i1.2602.

Purwono, R.D., 2024, Rancang Bangun Alat Pematangan Pisang Berbasis Arduino, Skripsi Sarjana, Departemen Fisika, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Indonesia.

Triardianto, D., Adhamatika, A., Sucipto, A., 2022, Pengaruh Suhu Terhadap Parameter Fisik Pisang Kepok (Musa acuminata) Selama Penyimpanan, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, Vol. 5, Hal. 11-16, DOI: 10.32764/agrosaintifika.v5i1.3160

Yang, X., Song, J., Fillmore, S., Pang,X., Zhang, Z., 2011, Effect of High Temperature on Color, Chlorophyll Uorescence and Volatile Biosynthesis in Green-Ripe Banana Fruit, Postharvest Biology and Technology, Vol. 62, Hal. 246-257, DOI:10.1016/j.postharvbio.2011.06.011.

Yusro, M., Diamah, A., 2019, Sensor dan Transduser Teori dan Aplikasi, Percetakan Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.