



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

Bab ini membahas penelitian terdahulu terkait klasifikasi buah dengan pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan sebagai dasar dan pembanding penelitian berjudul “Klasifikasi Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan *MobileNetV2* dan *Support Vector Machine (SVM)*”. Penelitian sebelumnya banyak menggunakan ekstraksi fitur manual seperti warna dan tekstur yang diklasifikasikan dengan algoritma klasik, namun hasilnya kurang konsisten. CNN kemudian digunakan karena mampu mengekstraksi fitur otomatis dengan akurasi tinggi, meski arsitektur kompleksnya membutuhkan komputasi besar. Perkembangan berikutnya menghadirkan CNN ringan seperti *MobileNet* yang lebih efisien, bahkan beberapa penelitian mengombinasikan CNN dengan SVM untuk meningkatkan kinerja. Perbedaan penelitian ini adalah fokus pada kombinasi CNN *MobileNetV2* sebagai ekstraktor fitur dengan SVM sebagai pengklasifikasi untuk mengklasifikasikan tiga tingkat kematangan buah kelapa sawit, sehingga diharapkan menghasilkan model yang akurat, efisien, dan praktis diterapkan di lapangan.

2.1 Kelapa Sawit

Buah kelapa sawit merupakan bagian utama tanaman sawit yang menyusun Tandan Buah Segar (TBS) dan menjadi sumber minyak sawit mentah (CPO) serta minyak inti sawit (PKO), dengan kandungan minyak



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

utama berada pada bagian mesocarp yang kaya pigmen karotenoid. Tingkat kematangan buah sangat memengaruhi kualitas minyak, yang diklasifikasikan menjadi buah mentah, matang, lewat matang, dan memar. Buah matang dan lewat matang memiliki kandungan karotenoid yang lebih tinggi dan stabil, sehingga menghasilkan warna minyak yang lebih baik dan tahan terhadap pemanasan, sedangkan buah mentah dan memar memiliki kadar air tinggi serta kerusakan jaringan yang mempercepat degradasi pigmen dan oksidasi, sehingga menurunkan mutu CPO. Dengan demikian, kematangan buah sawit menjadi faktor kunci dalam penentuan kualitas dan kestabilan warna minyak sawit selama pengolahan[12].

2.2 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital adalah cabang ilmu komputer yang memanfaatkan algoritma untuk memanipulasi dan menganalisis citra yang direpresentasikan sebagai matriks piksel tujuannya meliputi peningkatan kualitas (denoising, kontras), pemulihan, segmentasi objek, ekstraksi fitur, dan klasifikasi untuk pengambilan keputusan otomatis; pendekatannya mencakup metode tradisional (filter, transformasi, morfologi) dan model berbasis pembelajaran mendalam yang kini dominan dalam tugas-tugas kompleks seperti deteksi dan rekonstruksi 3D[13]. Selain itu, beberapa studi juga menegaskan bahwa rekonstruksi 3D yang sebelumnya sangat bergantung pada metode geometri tradisional kini lebih akurat dan efisien dengan model deep learning seperti MVSNet, NeRF, dan depth CNN. Secara keseluruhan,



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

seluruh referensi mendukung bahwa pembelajaran mendalam telah menjadi pendekatan utama dalam menganalisis dan memanipulasi citra untuk pengambilan keputusan otomatis[14].

2.3 Ruang Warna HSV

Ruang warna HSV lebih intuitif dibanding RGB karena mendekati persepsi manusia: komponen *Hue* menunjukkan rona warna, *Saturation* menunjukkan intensitas atau kejenuhan warna, dan *Value* menunjukkan kecerahan warna, sehingga sangat efektif untuk analisis visual (misalnya klasifikasi daging segar dan busuk)[15]. Selain itu, HSV memungkinkan ekstraksi fitur warna dari citra wajah dengan lebih baik karena pemisahan jelas antara warna dasar (*hue*), kejenuhan, dan kecerahan, yang berguna untuk meningkatkan akurasi analisis citra[16].

2.4 Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah arsitektur *deep learning* yang dirancang khusus untuk menganalisis citra dengan mengekstraksi pola visual seperti tekstur, tepi, dan warna secara otomatis melalui lapisan konvolusi dan pooling. CNN bekerja dengan menguraikan fitur penting dari gambar tanpa memerlukan ekstraksi fitur manual, kemudian memprosesnya melalui lapisan *fully connected* untuk melakukan klasifikasi. Struktur ini membuat CNN sangat efektif dalam mengenali objek dan pola kompleks, terbukti dengan keberhasilannya mencapai akurasi tinggi hingga 95,84% dalam tugas klasifikasi citra, sehingga menjadi metode yang andal dan efisien



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

dalam pengolahan citra digital[17].

2.5 Arsitektur *MobileNetV2*

MobileNetV2 merupakan arsitektur CNN yang dirancang khusus untuk menghasilkan model klasifikasi yang sangat ringan melalui penggunaan *depthwise separable convolution*, yaitu pemisahan proses konvolusi per-kanal dan penggabungan kembali menggunakan *pointwise convolution* untuk mengurangi komputasi secara drastis. Ciri utama *MobileNetV2* adalah penggunaan *Inverted Residual Block* dan *Linear Bottleneck*, di mana jumlah channel diperluas terlebih dahulu kemudian dipersempit kembali sambil mempertahankan informasi penting melalui koneksi residual, sehingga model tetap stabil dan efisien. Arsitektur ini menghasilkan tujuh lapisan fitur dari ukuran 64×64 hingga 1×1 , kemudian diproses menggunakan *Global Average Pooling* dan *Softmax* untuk klasifikasi, dan terbukti mampu mencapai akurasi validasi 89% pada deteksi kecelakaan CCTV, menunjukkan efisiensi tinggi *MobileNetV2* dalam ekstraksi fitur visual secara *real-time*[18].

2.6 Arsitektur Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) adalah algoritma klasifikasi yang bekerja dengan mencari *hyperplane* terbaik untuk memisahkan data dengan margin terbesar antara kelas, sehingga menghasilkan keputusan yang lebih presisi. SVM menggunakan *support vectors* sebagai titik penentu batas keputusan dan menerapkan *kernel trick* seperti RBF untuk menangani data non-linear dengan memetakan fitur ke ruang berdimensi lebih tinggi.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Keunggulan ini membuat SVM sangat efektif pada data kompleks dan berdimensi tinggi, terbukti dalam penelitian bahwa SVM memberikan akurasi paling stabil dalam klasifikasi penyakit liver dibandingkan metode KNN dan ANN[19].

2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan klasifikasi citra, khususnya pada bidang pertanian dan objek biologis.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan Metode <i>Convolutional Neural Network</i> Oleh : Nur Rali Rahma Wati, Asrul Abdull ah,	Penelitian ini	Model CNN yang dikembangkan berhasil mengklasifikasikan tingkat kematangan buah sawit dengan akurasi rata-rata 76,52%, dan akurasi optimal 82,61% pada pengujian terbaik. Nilai evaluasi performa menunjukkan <i>precision</i> = 0,77, <i>recall</i> = 0,77, dan <i>F1-score</i> = 0,76. Hasil analisis citra mengungkap adanya korelasi kuat antara nilai RGB dengan tahapan kematangan biologis: kategori



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	dan Suci pto (2025)		ekstrem seperti mentah dan matang memiliki tingkat akurasi >95%, sedangkan kategori setengah matang lebih sulit diklasifikasikan karena kemiripan visual. Sistem CNN diintegrasikan ke dalam <i>GUI MATLAB</i> dan berhasil melewati pengujian <i>black-box</i> dengan tingkat keberhasilan 100%, menunjukkan bahwa aplikasi siap digunakan dalam skenario operasional[20].
2	<i>Deep Convolutional Neural Networks for Palm Fruit Maturity Classification</i> Oleh : Mingqiang Han dan Chunlin Yi (2025)	Penelitian Tiga model CNN diterapkan dan <i>learning tuning</i> .	Hasil pengujian menunjukkan bahwa model <i>transfer learning</i> memberikan performa jauh lebih tinggi daripada <i>baseline CNN</i> . <i>ResNet50</i> menjadi model terbaik, dengan akurasi pengujian 86,41%, diikuti <i>InceptionV3</i> dengan 85,24%, sedangkan <i>baseline CNN</i> hanya mencapai 70,89%. <i>F1-score</i> untuk seluruh kategori kematangan pada <i>ResNet50</i> berada di atas 0,8, dan nilai <i>AUC ROC</i> mendekati 1, menunjukkan kemampuan model yang sangat baik dalam membedakan kelas kematangan. Model mampu bekerja tanpa memerlukan <i>preprocessing</i> tambahan seperti penghilangan <i>background</i> atau peningkatan pencahayaan[21].



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

3	Pengklasifikasi Bibit Kelapa apa Menggunakan Algoritma Deep Learning Convolutional Neural Network Oleh: Muhammad Amin dan Asniati Bindas (2023)	Penelitian menggunakan Deep Learning berbasis Convolutional Neural Network (CNN) dan juga dilakukan perbandingan dengan MobileNetV2.	Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa CNN dan MobileNetV2 mampu mengklasifikasikan bibit kelapa dengan sangat baik, dibuktikan oleh akurasi pelatihan 97.3%, akurasi validasi 96.5%, dan akurasi pengujian 99.14% dengan F1-score 0.99. Model juga menunjukkan konsistensi prediksi melalui confusion matrix dengan nilai 0.97–1.00 pada seluruh kelas. Meskipun demikian, penelitian memiliki keterbatasan, antara lain
---	--	---	---



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			ketergantungan pada kualitas citra yang diambil dengan perangkat dan pencahayaan tertentu, sehingga performa model mungkin menurun pada kondisi berbeda. Selain itu, dataset hanya berasal dari satu wilayah sehingga keragaman bibit dari daerah lain belum terwakili, yang membatasi generalisasi model. Dengan demikian, meskipun CNN terbukti efektif, perluasan data dan pengujian lintas-kondisi masih diperlukan[22].
4	Klasifikasi Pasien Kanker Payudara Menggunakan Metode <i>Support Vector Machine</i> dengan <i>Backward Elimination</i> Oleh: Rina Resmiati dan Toni Arifin (2021)	Penelitian menggunakan <i>Support Vector Machine (SVM)</i> sebagai metode klasifikasi, kemudian dioptimalkan dengan <i>Backward Elimination</i> sebagai seleksi fitur.	Penelitian ini menemukan bahwa metode SVM hanya menghasilkan akurasi 65,22% dan AUC 0,700 pada klasifikasi kanker payudara, namun setelah dioptimalkan dengan <i>Backward Elimination</i> akurasinya meningkat drastis menjadi 95,65% dengan AUC 1,000 karena fitur yang tidak relevan berhasil dieliminasi. Meski performanya sangat tinggi, penelitian ini memiliki kelemahan berupa ukuran dataset yang kecil dan kurang bervariasi sehingga membatasi kemampuan generalisasi model. Selain itu, penelitian hanya menguji SVM tanpa membandingkannya secara langsung dengan algoritma lain, sehingga



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

			ruang evaluasi performa masih terbatas[23].
5	Klasifikasi Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Konvolusi untuk Deteksi Hama pada Kangkung Oleh: Riki Hikmianto dan Ema Uta mi (2025)	Penelitian ini	Hasil eksperimen menunjukkan bahwa <i>MobileNetV2</i> mencapai performa terbaik pada epoch 25 dengan akurasi 84% dan <i>loss</i> 59,64%, sedangkan <i>VGG16</i> meraih akurasi 83% pada epoch 25 dengan waktu komputasi yang jauh lebih lama. Evaluasi confusion matrix mengkonfirmasi bahwa <i>MobileNetV2</i> memiliki keseimbangan prediksi antar kelas



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
		<i>MobileNetV2</i> dan <i>VGG16</i>.	yang lebih stabil dengan nilai <i>precision</i>, <i>recall</i>, dan <i>F1-score</i> berada di 84%, sementara <i>VGG16</i> menunjukkan <i>precision</i> dan <i>recall</i> sebesar 83% serta <i>F1-score</i> 82%. Secara keseluruhan, <i>MobileNetV2</i> terbukti lebih unggul karena memberikan performa klasifikasi yang baik dengan waktu komputasi lebih rendah dibandingkan <i>VGG16</i>[24].
6	<i>Object Detection Algorithms for Ripeness Classification of</i> Oleh: Mohamed Yasser Mohamed Ahmed Mansour, Katrina D. I	Metode yang diuji meliputi <i>MobileNetV2-SSD</i>, <i>EfficientDet-Lite</i> (0,1,2), dan <i>YOLOv5</i> (n, s, m), dengan dataset berisi 4 kelas kematangan: <i>unripe</i>, <i>half-ripe</i>, <i>ripe</i>, dan <i>over-ripe</i>.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>YOLOv5m</i> memberikan performa terbaik dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan TBS kelapa sawit, dengan nilai mAP 0.842, lebih tinggi dibandingkan model <i>YOLOv5</i> lainnya seperti <i>YOLOv5s</i> (mAP 0.832) dan <i>YOLOv5n</i> (mAP 0.781). Model ini juga mengungguli seluruh varian <i>EfficientDet-Lite</i>, yang menghasilkan mAP antara 0.743–0.812, serta jauh lebih baik daripada <i>MobileNetV2-SSD</i> yang hanya mencapai mAP 0.478. <i>YOLOv5m</i> mampu mengekstraksi fitur lebih dalam dan mendeteksi objek pada berbagai skala secara lebih stabil, meskipun membutuhkan waktu pelatihan yang lebih



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

			lama[25].
7	Metode Klasifikasi Kematangan Tandan B uah Segar Kel apa Sawit: Seb uah Tinjauan Sistematis Oleh: Nurita Evitarina dan Kusrini Kusrini (2024)	Metode berbasis citra dengan pendekatan ANN dan CNN, metode klasik seperti SVM, KNN, Naïve Bayes dan deep learning modern seperti MobileNet, EfficientNet, dan YOLO.	Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode klasifikasi kematangan TBS memiliki performa yang bervariasi, dengan tingkat akurasi berada pada kisaran 81% hingga 99%, tergantung jenis metode dan kualitas citra yang digunakan. Pendekatan berbasis ANN dan CNN umumnya memberikan akurasi tertinggi karena mampu menangkap pola warna dan tekstur secara lebih mendalam, sementara metode klasik



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			seperti <i>SVM</i>, <i>KNN</i>, dan <i>Naïve Bayes</i> menunjukkan akurasi lebih rendah pada kondisi pencahayaan yang berubah-ubah. Penelitian yang memanfaatkan model deep learning modern seperti <i>MobileNet</i>, <i>EfficientNet</i>, dan <i>YOLO</i> juga melaporkan performa yang stabil pada data lapangan, menjadikan metode ini lebih unggul dalam proses identifikasi tingkat kematangan TBS secara otomatis[26].
8	<i>Application of MobileNetV2 and SVM Combination for Enhanced Accuracy</i>	Tiga skema pengujian dilakukan: SVM langsung pada dataset yang telah diseimbangkan, Sobel edge detection sebagai metode ekstraksi fitur diikuti klasifikasi SVM, dan MobileNetV2 sebagai feature extractor yang dipadukan dengan SVM.	Hasil penelitian menunjukkan perbedaan performa yang signifikan antara ketiga pendekatan. Skema 1 (<i>SVM</i> langsung) mencapai akurasi 97%, membuktikan bahwa balancing dataset memberikan performa yang baik. Skema 2 (<i>Sobel</i> + <i>SVM</i>) justru mengalami penurunan akurasi menjadi 95% karena metode <i>Sobel</i> hanya menekankan tepi citra dan menghilangkan detail penting sehingga fitur tekstur paru tidak terekstraksi optimal. Skema 3 (<i>MobileNetV2</i> + <i>SVM</i>) mencapai performa terbaik dengan akurasi 98%, <i>precision</i> dan <i>sensitivity</i> rata-rata 0,98, menjadikannya pendekatan paling efektif untuk diagnosis pneumonia berbasis



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

			citra X-ray[27].
9	Coffee leaf rust disease detection using MobileNetV2-based feature extractor, SVM classifier and visualization technique	Penelitian ini menggunakan Machine Learning (SVM) sebagai classifier untuk mendeteksi penyakit	Hasil pengujian menunjukkan bahwa MobileNetV2 merupakan feature extractor dengan kinerja terbaik dengan akurasi 94,74% pada dataset RoCoLe2, mengungguli MobileNet dan NASNetMobile. Ketika fitur MobileNetV2 dikombinasikan dengan SVM sebagai classifier, akurasi meningkat menjadi 97,13% pada



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

No	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	Oleh: Le Thi Thu Hong, Doan Quang Tu, Ngo Duy Do, dan Nguyen Sinh Huy (2024)	penyakit karat daun kopi berdasarkan citra daun.	dataset <i>RoCoLe2</i> dan 96,17% pada dataset <i>RoCoLe1</i> , lebih tinggi dibanding <i>classifier SoftMax</i> , <i>RandomForest</i> , dan <i>DecisionTree</i> . Hasil visualisasi <i>Grad-CAM</i> memperkuat bahwa model mampu menyoroti area daun yang terinfeksi secara tepat pada dataset <i>RoCoLe2</i> , sehingga meningkatkan performa dibanding <i>RoCoLe1</i> [28].
10	Klasifikasi Antraknosa Dan Buah Busuk Pada Citra Cabai Rawit Menggunakan Metode <i>MOBILENETV2</i> dengan <i>SVM</i> Oleh: Anas Chairudin Satyo Nugroho dan Ozzi Suria (2025)	Ekstraksi fitur dilakukan menggunakan <i>MobileNetV2</i> , lalu digunakan sebagai input untuk algoritma <i>Support Vector Machine</i> (<i>SVM</i>) kernel linear sebagai pengklasifikasi.	Hasil evaluasi pada data validasi menunjukkan akurasi sebesar 98% dengan <i>precision</i> dan <i>recall</i> rata-rata 98%. Pada data pengujian, performa model meningkat menjadi sempurna dengan akurasi 100%, <i>precision</i> 100%, <i>recall</i> 100%, dan <i>F1-score</i> 100%, serta seluruh 153 citra pada data uji berhasil diklasifikasikan dengan benar tanpa satu pun kesalahan, sebagaimana ditunjukkan melalui <i>confusion matrix</i> . Model ini juga terbukti unggul dibandingkan pendekatan penelitian terdahulu seperti <i>CNN</i> , <i>YOLOv5</i> , dan <i>MobileNetV2</i> murni, menjadikan metode <i>hybrid MobileNetV2-SVM</i> sebagai alternatif yang sangat akurat untuk klasifikasi citra cabai rawit[29].



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Berdasarkan hasil perbandingan jurnal yang disajikan dalam Tabel 2.1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode CNN mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah kelapa sawit secara otomatis dan objektif dengan akurasi rata-rata 76,52% dan akurasi optimal 82,61%, didukung performa precision, recall, dan F1-score yang seimbang, serta implementasi *GUI MATLAB* yang lulus uji black-box dengan keberhasilan 100%. Namun, penelitian ini masih memiliki kelemahan berupa akurasi yang belum stabil di setiap pengujian, kesalahan klasifikasi terutama pada kategori setengah matang yang secara visual mirip dengan kategori lain, keterbatasan dataset yang hanya berasal dari sumber internet sehingga belum sepenuhnya mewakili kondisi lapangan, serta belum adanya integrasi sistem dengan perangkat kamera atau sensor untuk pemakaian real-time di industri. Selain itu, metode CNN dalam penelitian ini juga memiliki keterbatasan karena hanya mengandalkan ekstraksi fitur otomatis berbasis citra tanpa mempertimbangkan faktor pendukung lain seperti tekstur fisik atau kondisi lingkungan, sehingga model rentan terhadap perubahan pencahayaan dan sudut pengambilan gambar serta belum terintegrasi dengan perangkat kamera atau sensor untuk mendukung penggunaan real-time di industri.

Penelitian ini menunjukkan bahwa *deep CNN*, khususnya *ResNet50* dengan transfer learning, mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah kelapa sawit secara akurat dengan akurasi pengujian mencapai 86,41%,



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

F1-score di atas 0,8 untuk seluruh kelas, serta nilai *AUC* mendekati 1 sehingga layak digunakan sebagai sistem pendukung keputusan panen untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi kualitas produksi minyak sawit. Namun, metode yang digunakan masih memiliki keterbatasan, yaitu model bergantung pada dataset citra berlabel dalam jumlah besar untuk menjaga performa, rentan mengalami *overfitting* pada model tertentu seperti *InceptionV3* yang mencapai akurasi pelatihan 100% tetapi akurasi pengujian sekitar 85%, serta masih menghadapi kesulitan dalam membedakan kelas kematangan yang bersifat transisi seperti *under-ripe* dan *medium-ripe*. Selain itu, CNN membutuhkan sumber daya komputasi tinggi dan belum diuji dalam kondisi *real-time* di lapangan, sehingga integrasi dengan kamera atau sistem robot pemanen masih memerlukan penelitian lanjutan.

Penelitian oleh Amin & Bindas (2023) dari Universitas Islam Indragiri mengembangkan sistem klasifikasi bibit kelapa menggunakan algoritma *Deep Learning* jenis *Convolutional Neural Network (CNN)* serta *MobileNetV2* sebagai pembanding. Dataset bibit kelapa diberi label empat kelas (A1, A2, B1, B2) dan diproses melalui tahapan normalisasi, augmentasi, serta pembagian data latih, validasi, dan uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *CNN* dan *MobileNetV2* mampu melakukan klasifikasi dengan sangat baik, ditunjukkan oleh akurasi training 97.3%, akurasi validasi 96.5%, dan akurasi pengujian 99.14% dengan *F1-score* 0.99, serta performa yang stabil pada *confusion matrix* (0.97–1.00). Meskipun demikian, model memiliki kelemahan berupa ketergantungan tinggi pada kualitas citra dan kondisi



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

pencahayaan saat pengambilan gambar, sehingga performanya dapat menurun ketika diaplikasikan pada lingkungan nyata yang berbeda. Secara keseluruhan, *CNN* terbukti sangat efektif untuk klasifikasi bibit kelapa dan berpotensi membantu petani dalam menilai kualitas bibit secara cepat dan akurat, namun peningkatan variasi data dan pengujian lintas-kondisi masih dibutuhkan.

Penelitian menyimpulkan bahwa *SVM* efektif digunakan untuk klasifikasi pasien kanker payudara, dan performanya meningkat signifikan ketika dikombinasikan dengan Backward Elimination karena seleksi fitur menghasilkan subset atribut yang lebih relevan sehingga akurasi naik drastis dari kategori *fair* menjadi *excellent*. Penelitian ini juga menegaskan bahwa pemilihan fitur yang tepat sangat berpengaruh terhadap kinerja model, serta membuka peluang bagi penelitian selanjutnya untuk menguji metode lain seperti *Decision Tree* atau Regresi Linear sebagai pembanding. Namun demikian, model memiliki kelemahan, yaitu performanya sangat dipengaruhi oleh ukuran dataset yang relatif kecil dan kurang bervariasi, sehingga berpotensi mengurangi kemampuan generalisasi pada data nyata. Selain itu, penelitian hanya mengevaluasi *SVM* tanpa perbandingan langsung dengan algoritma lain, sehingga validitas performa model masih terbatas pada satu pendekatan saja.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa *CNN* dapat diterapkan secara efektif untuk mendeteksi hama pada tanaman kangkung, dan di antara arsitektur yang diuji, *MobileNetV2* merupakan pilihan paling tepat karena



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

mencapai akurasi tertinggi sebesar 84% sekaligus menawarkan efisiensi komputasi yang lebih baik dibandingkan *VGG16*, sehingga sangat potensial untuk diterapkan pada sistem deteksi berbasis perangkat dengan sumber daya terbatas. Namun, metode yang digunakan masih memiliki beberapa kelemahan, seperti ukuran dataset yang relatif kecil (1.600 gambar untuk empat kelas) sehingga belum mencerminkan variasi kondisi nyata di lapangan, serta indikasi *overfitting* pada kedua arsitektur di mana akurasi pelatihan lebih tinggi dibandingkan akurasi validasi. Selain itu, proses pengoptimalan hyperparameter belum dilakukan secara mendalam, dan penelitian juga belum menguji performa model pada aplikasi nyata berbasis kamera real-time, sehingga peningkatan dataset, teknik augmentasi, regularisasi, dan pengujian lapangan diperlukan pada penelitian selanjutnya untuk meningkatkan generalisasi dan kesiapan implementasi industri.

Penelitian ini mengevaluasi beberapa algoritma deteksi objek untuk klasifikasi tingkat kematangan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit. Metode yang diuji meliputi *MobileNetV2-SSD*, *EfficientDet-Lite (0,1,2)*, dan *YOLOv5 (n, s, m)*, dengan dataset berisi 4 kelas kematangan: *unripe*, *half-ripe*, *ripe*, dan *over-ripe*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *YOLOv5m* memberikan performa terbaik, dengan mAP 0.842, mengungguli *EfficientDet-Lite* (mAP 0.743–0.812) dan *MobileNetV2-SSD* (mAP 0.478). *YOLOv5m* mampu mengekstraksi fitur lebih dalam dan melakukan deteksi multi-skala secara lebih stabil, meskipun membutuhkan waktu pelatihan lebih lama. Secara keseluruhan, penelitian menyimpulkan bahwa *YOLOv5m* adalah model paling efektif untuk



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

klasifikasi kematangan TBS karena akurasinya tinggi, kecepatan inferensinya cepat, dan cocok untuk implementasi di perangkat mobile. Namun, kelemahannya adalah waktu pelatihan yang lebih panjang, ukuran model lebih besar dibanding versi ringan (n/s), serta dataset yang masih terbatas (hanya gambar di tanah, belum mencakup kondisi di pohon, variasi cahaya, dan sudut pengambilan). Model seperti *MobileNetV2-SSD* dan *EfficientDet* lebih ringan, tetapi kurang kuat dalam mengekstraksi fitur kompleks, sehingga akurasinya lebih rendah pada data TBS.

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa berbagai metode klasifikasi kematangan TBS menghasilkan akurasi yang cukup tinggi, yakni berada pada kisaran 81% hingga 99%, dengan performa terbaik umumnya dicapai oleh *ANN* dan *CNN* yang mampu mempelajari pola warna serta tekstur secara lebih mendalam. Metode *deep learning modern* seperti *MobileNet*, *EfficientNet*, dan *YOLO* juga terbukti memberikan hasil yang stabil pada kondisi lapangan berkat kemampuan ekstraksi fitur otomatis. Namun, pendekatan-pendekatan tersebut masih memiliki kelemahan, seperti ketergantungan pada kualitas pencahayaan, dataset yang terbatas, serta risiko *overfitting* pada model *deep learning* ketika variasi data rendah. Sementara itu, metode klasik seperti *SVM*, *KNN*, dan *Naïve Bayes* cenderung menghasilkan akurasi lebih rendah karena masih bergantung pada ekstraksi fitur manual yang mudah terpengaruh perubahan lingkungan dan tidak mampu menangkap pola kompleks pada citra TBS.

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan teknik ekstraksi fitur berperan besar dalam peningkatan akurasi diagnosis pneumonia berbasis citra



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

X-ray, di mana kombinasi *MobileNetV2* sebagai *feature extractor* dan *Support Vector Machine (SVM)* sebagai *classifier* menghasilkan performa terbaik dengan akurasi hingga 98%, sehingga lebih unggul dibandingkan skema SVM langsung maupun kombinasi *Sobel* + SVM, dan berpotensi mendukung sistem diagnosis otomatis yang cepat, presisi, dan hemat komputasi di fasilitas medis dengan sumber daya terbatas.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi *MobileNetV2* sebagai *feature extractor* dan *Support Vector Machine (SVM)* sebagai *classifier* mampu mendeteksi penyakit karat daun kopi secara efektif dengan akurasi tertinggi 97,13% dan ukuran model yang ringan sehingga ideal untuk diintegrasikan ke aplikasi mobile, sedangkan visualisasi *Grad-CAM* memberikan transparansi dalam proses klasifikasi.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi *MobileNetV2* sebagai ekstraktor fitur dan SVM sebagai klasifikator mampu memberikan performa terbaik dalam klasifikasi citra cabai rawit, terbukti dengan akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score* sebesar 100% pada data pengujian, sehingga efektif untuk membedakan cabai sehat, cabai antraknosa, dan cabai busuk secara otomatis dan berpotensi diimplementasikan dalam sistem deteksi digital bagi petani maupun industri hortikultura.

2.8 Kesimpulan

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode klasifikasi citra seperti CNN arsitektur berat (*ResNet50*, *VGG16*, *InceptionV3*), model



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

deteksi objek (*YOLOv5*, *EfficientDet*), serta algoritma klasik (*SVM*, *KNN*, *Naïve Bayes*) telah terbukti mampu menghasilkan akurasi yang tinggi pada berbagai kasus klasifikasi di bidang pertanian, kesehatan, dan kualitas komoditas. *CNN* konvensional unggul dalam mempelajari fitur visual secara mendalam, sementara *YOLO* dan *EfficientDet* mampu menggabungkan klasifikasi dengan deteksi objek secara *real-time*. Namun demikian, metode-metode tersebut memiliki sejumlah keterbatasan, seperti kebutuhan komputasi yang tinggi pada *CNN* berat dan *YOLO* sehingga kurang ideal untuk perangkat lapangan, ketergantungan kuat terhadap pencahayaan dan variasi citra pada model berbasis dataset internet, serta risiko overfitting pada arsitektur yang kompleks ketika jumlah data terbatas. Sementara itu, metode klasik seperti *SVM* atau *KNN* yang berdiri sendiri kurang mampu menangkap pola visual yang kompleks karena tidak memiliki mekanisme ekstraksi fitur otomatis, sehingga performanya sering lebih rendah pada citra bertekstur kompleks seperti tandan buah sawit atau penyakit tanaman.

Meninjau keterbatasan tersebut, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pendekatan *hybrid* yang menggabungkan ekstraksi fitur *CNN* ringan dengan klasifikator yang kuat seperti *SVM* memberikan hasil yang lebih stabil dan efisien. Di antara berbagai arsitektur ringan, *MobileNetV2* terbukti konsisten menghasilkan fitur representatif dengan ukuran model kecil, kecepatan tinggi, dan kebutuhan komputasi rendah, sehingga sangat cocok untuk implementasi perangkat bergerak. Ketika fitur yang diekstraksi *MobileNetV2* diklasifikasikan menggunakan *SVM*, performa meningkat signifikan dengan akurasi yang mencapai 90-100% pada berbagai studi, menunjukkan bahwa *SVM* mampu membentuk *hyperplane* yang lebih



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

optimal untuk data fitur yang telah direduksi dan distandarkan oleh *MobileNetV2*. Meskipun demikian, belum banyak penelitian yang menerapkan kombinasi *MobileNetV2* + *SVM* secara khusus untuk klasifikasi kematangan buah kelapa sawit, terutama dengan dataset lapangan yang bervariasi dan mencakup kondisi pencahayaan, sudut, dan latar belakang yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini muncul untuk menguji dan memvalidasi efektivitas kombinasi *MobileNetV2* + *SVM* dalam konteks klasifikasi kematangan buah kelapa sawit guna mengatasi kelemahan metode lain yang kurang efisien, kurang stabil, atau memerlukan komputasi besar.