



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan utama di Indonesia yang berperan besar dalam penyediaan minyak nabati. Kualitas minyak sawit sangat ditentukan oleh tingkat kematangan buah ketika dipanen. Namun, praktik penentuan tingkat kematangan di lapangan hingga kini masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan pengamatan visual. Cara ini bersifat subjektif dan rentan kesalahan, sehingga seringkali buah yang belum matang tercampur dengan buah yang sudah matang. Kondisi tersebut dapat menurunkan kualitas minyak, menambah biaya produksi, serta menurunkan efisiensi panen [1].

Untuk menjawab permasalahan dalam penentuan tingkat kematangan buah kelapa sawit yang selama ini masih bersifat manual dan subjektif, penelitian mulai banyak memanfaatkan teknologi pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan. *Convolutional Neural Network (CNN)* menjadi salah satu metode *deep learning* yang banyak digunakan karena mampu mengenali pola visual seperti warna, tekstur, dan bentuk secara otomatis, sehingga menghasilkan klasifikasi yang lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Penelitian menunjukkan bahwa model *ResNet50* mampu mengklasifikasikan hingga empat tingkat kematangan tandan buah segar kelapa sawit dengan akurasi tinggi, meskipun membutuhkan dataset besar

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.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.



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. 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.

dan komputasi yang kompleks[2]. Untuk mengatasi kendala tersebut, penelitian terkini mengadopsi arsitektur CNN ringan seperti *MobileNet*, yang lebih efisien namun tetap memberikan hasil yang baik. CNN ringan telah terbukti mampu mengklasifikasikan tiga tingkat kematangan buah kelapa sawit, yaitu mentah, matang, dan busuk dengan akurasi yang sangat tinggi[3].

Selain CNN, metode *machine learning* lain yang banyak digunakan dalam klasifikasi citra, termasuk penentuan tingkat kematangan buah, adalah *Support Vector Machine (SVM)*. SVM memiliki kemampuan unggul dalam menangani permasalahan klasifikasi non-linear melalui penggunaan fungsi kernel untuk menentukan *hyperplane* terbaik sebagai batas pemisah antar kelas. Penelitian menunjukkan bahwa SVM yang dikombinasikan dengan ekstraksi fitur *Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM)* dan *Color Moment* mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah tomat dengan akurasi 91,1%, presisi 0,91, serta *recall* dan *F-measure* sebesar 0,92[4]. Hasil ini membuktikan efektivitas SVM dalam memanfaatkan ciri warna dan tekstur yang juga relevan untuk buah kelapa sawit. Pendekatan serupa juga menerapkan model *hybrid CNN-SVM* pada sistem prediksi hasil panen tebu dan berhasil mencapai akurasi 89,53% dengan efisiensi komputasi yang lebih baik dibandingkan model CNN murni[5]. Penelitian lain memperkenalkan model *CSXAI*, yaitu *lightweight 2D CNN-SVM* untuk deteksi penyakit tanaman dengan akurasi rata-rata 99,09%, serta visualisasi berbasis *explainable AI* untuk meningkatkan interpretabilitas model[6].

Perkembangan penelitian terkini menunjukkan bahwa pendekatan



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.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

berbasis *deep learning* dan *machine learning* terus berkembang menuju model yang lebih efisien dan akurat dalam klasifikasi citra pertanian, termasuk buah kelapa sawit. Hasil studi menunjukkan bahwa arsitektur *deep Convolutional Neural Network* seperti *ResNet50* mampu melakukan klasifikasi empat tingkat kematangan tandan buah segar kelapa sawit dengan akurasi mencapai 97%, menggunakan konfigurasi optimal berupa pembagian data 90/10, *optimizer* Adam, dan *learning rate* 0,0001[7]. Sementara itu, penelitian lain menunjukkan bahwa arsitektur ringan seperti *MobileNetV2* mampu mencapai akurasi hingga sekitar 87% pada dataset buah sawit menunjukkan potensi implementasi di lapangan dengan kebutuhan komputasi yang rendah[8]. Selain itu, penelitian terkini membuktikan efektivitas kombinasi CNN dan SVM dalam klasifikasi biji gandum, di mana integrasi kedua metode tersebut mampu meningkatkan akurasi dan stabilitas hasil klasifikasi. Penerapan pendekatan *hybrid* yang menggabungkan CNN sebagai ekstraktor fitur dengan SVM sebagai pengklasifikasi kini menjadi arah pengembangan utama karena mampu mengombinasikan kemampuan ekstraksi fitur otomatis CNN dengan performa klasifikasi optimal dari SVM[9]. Sebagai contoh, model CNN–SVM pada domain agrikultur dan medis dilaporkan mencapai akurasi hingga 95% [10] dan 97,97% [11].

Temuan-temuan ini memperlihatkan bahwa integrasi CNN dan SVM tidak hanya mampu meningkatkan akurasi klasifikasi, tetapi juga mengurangi risiko *overfitting* dan kesalahan klasifikasi pada dataset berukuran kecil dan tidak seimbang. Dengan demikian, kombinasi *MobileNetV2-SVM* menjadi



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.

pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan sistem klasifikasi kematangan buah kelapa sawit yang lebih akurat dan efisien. Oleh karena itu, penggabungan *MobileNetV2* sebagai ekstraktor fitur dengan algoritma *Support Vector Machine (SVM)* sebagai pengklasifikasi diharapkan dapat menghasilkan model yang akurat sekaligus efisien untuk mendukung proses klasifikasi kematangan buah kelapa sawit secara otomatis.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan “Klasifikasi Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan *MobileNetv2* dan *Support Vector Machine (SVM)*”. CNN ringan *MobileNetV2* digunakan untuk mengekstraksi fitur visual citra buah sawit secara efisien, sedangkan SVM dimanfaatkan sebagai algoritma klasifikasi yang andal untuk membedakan tiga tingkat kematangan, yaitu mentah, matang, dan busuk. Dengan kombinasi ini, diharapkan tercapai sistem klasifikasi yang tidak hanya akurat, tetapi juga ringan dari sisi komputasi sehingga lebih mudah diterapkan pada kondisi lapangan. Adapun manfaat penelitian ini adalah memberikan kontribusi dalam peningkatan ketepatan pemilahan buah sawit, serta mendukung penerapan teknologi kecerdasan buatan di bidang pertanian modern, khususnya pada industri kelapa sawit di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Proses klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit yang masih dilakukan secara manual memerlukan pengembangan aplikasi berbasis**



Android agar proses identifikasi dapat dilakukan secara lebih cepat, praktis, dan mengurangi subjektivitas pengguna di lapangan.

2. Belum tersedianya aplikasi *mobile* yang mampu mengintegrasikan metode *MobileNetV2* dan *Support Vector Machine (SVM)* untuk melakukan klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit secara otomatis pada perangkat Android dengan sumber daya terbatas.
3. Kinerja aplikasi klasifikasi kematangan buah kelapa sawit berbasis *MobileNetV2+SVM* perlu diuji untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membedakan kategori mentah, matang, dan busuk secara akurat, konsisten, dan efisien saat digunakan pada kondisi nyata di lapangan.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Aplikasi yang dikembangkan hanya difokuskan untuk klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit menjadi tiga kategori, yaitu mentah, matang, dan busuk.
2. Sistem klasifikasi pada aplikasi menggunakan model *hybrid MobileNetV2* sebagai ekstraktor fitur dan *Support Vector Machine (SVM)* sebagai metode klasifikasi tanpa membandingkan dengan metode lain.
3. Aplikasi dirancang untuk berjalan pada perangkat Android dan proses identifikasi dilakukan menggunakan citra buah kelapa sawit yang diperoleh dari kamera atau galeri pengguna.

1.4 Tujuan Penelitian

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. 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.



Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan aplikasi berbasis Android untuk membantu proses klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit secara otomatis sehingga dapat mempermudah pengguna dalam melakukan identifikasi di lapangan.
2. Menerapkan model *hybrid MobileNetV2* dan *Support Vector Machine* (SVM) pada aplikasi Android untuk melakukan klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit secara efisien dan ringan pada perangkat mobile.
3. Menguji kinerja *Convolutional Neural Network* (CNN) ringan *MobileNetV2* sebagai ekstraktor fitur dan *Support Vector Machine* (SVM) sebagai pengklasifikasi dalam menghasilkan aplikasi android yang efisien dari segi komputasi, memiliki akurasi tinggi, serta mudah diterapkan di lapangan pada kondisi sumber daya terbatas.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna, khususnya pekerja atau petani kelapa sawit, dalam melakukan identifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit secara lebih cepat, praktis, dan mengurangi kesalahan akibat penilaian subjektif.
2. Penelitian ini dapat menjadi salah satu penerapan teknologi kecerdasan buatan berbasis *MobileNetV2* dan *Support Vector Machine* (SVM) pada aplikasi



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. 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.

Android untuk klasifikasi citra, khususnya pada sektor perkebunan kelapa sawit.

3. Penelitian ini dapat dijadikan referensi dan bahan pengembangan lebih lanjut dalam penelitian terkait sistem klasifikasi citra, computer vision, maupun pengembangan aplikasi mobile berbasis artificial intelligence (AI).

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman terhadap laporan penelitian ini, pembahasan disusun dalam beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN LITERATUR

Bab ini membahas teori-teori dan penelitian terdahulu yang mendasari penelitian. Uraian meliputi pengertian kelapa sawit dan tingkat kematangannya, konsep pengolahan citra digital, ruang warna yang relevan (misalnya HSV dan RGB), arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN), arsitektur CNN ringan *MobileNetV2*, algoritma *Support Vector Machine* (SVM), serta penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan klasifikasi kematangan buah maupun pendekatan *hybrid* MobileNetV2-SVM.

BAB III METODE PENELITIAN



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. 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 ini menjelaskan metode dan pendekatan yang digunakan dalam penelitian, dimulai dari studi literatur, pengumpulan dan persiapan dataset citra buah kelapa sawit, proses pelabelan tingkat kematangan, tahapan ekstraksi fitur menggunakan *CNN MobileNetV2*, klasifikasi menggunakan SVM dengan kernel tertentu, serta evaluasi kinerja model menggunakan confusion matrix dengan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dari implementasi sistem klasifikasi kematangan buah kelapa sawit berbasis Android. Uraian mencakup pelatihan model *MobileNetV2*, SVM, integrasi model ke aplikasi Android, tampilan antarmuka pengguna, serta evaluasi performa sistem berdasarkan metrik akurasi, precision, recall, dan F1-score.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.