

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sektor perkebunan mempunyai peran penting dan potensi besar dalam mendongkrak perekonomian Indonesia. Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 tentang Perkebunan telah mengatur berbagai aspek seperti penelitian dan pengembangan industri sawit Indonesia. Regulasi tersebut bertujuan untuk menghasilkan pengetahuan dan teknologi yang dibutuhkan agar industri perkebunan sawit mampu memberikan nilai tambah, berdaya saing tinggi, serta pengolahan yang ramah lingkungan.

Sebagai salah satu komoditas perkebunan yang strategis, industri sawit masih memerlukan penelitian dan pengembangan yang mendalam. Utamanya adalah penelitian yang berdampak langsung terhadap kemajuan industri sawit nasional. Selain itu, penelitian terhadap sawit juga dibutuhkan sebagai jaminan pengembangan industri secara berkelanjutan. Salah satu prioritas penelitian dalam industri sawit adalah bidang pascapanen dan pengolahan. Hal tersebut sejalan dengan penerapan sertifikasi *Indonesian Sustainable Palm Oil* (ISPO) melalui Peraturan Menteri Pertanian Nomor 19/Permentan/OT.140/3/2011 tentang Pedoman Perkebunan Kelapa Sawit Berkelanjutan Indonesia.

Indonesia termasuk negara dengan luas kebun sawit terbesar di dunia. Luas perkebunan sawit di Indonesia menurut data Kementerian Pertanian (Kementan) tahun 2019 mencapai 16,38 juta hektar (Qiasa & Niswatin, 2024). Hal tersebut menjadi peluang industri sawit untuk terus meningkatkan kualitas *crude palm oil* (CPO) dalam negeri. Kualitas rendemen CPO dipengaruhi oleh kematangan buah sawit yang diolah oleh pabrik kelapa sawit (PKS) setelah melewati proses sortir (*grading*). Namun, proses sortir tandan buah segar (TBS) sawit yang masih dilakukan secara manual berdampak terhadap penurunan kualitas dan kuantitas rendemen CPO. Sortir manual oleh manusia bersifat subjektif dan tidak efisien,

sehingga TBS yang sebenarnya tidak layak olah (pengotor) bisa saja ikut masuk ke tempat penimbunan sementara (*hopper loading ramp*).

Sebagai salah satu pilar penyokong perekonomian negara, industri kelapa sawit terus meningkatkan produktivitas pengolahan hasil sawit. Produksi tandan buah segar (TBS) menjadi sasaran utama dalam proses pemanenan sawit (Rahmadhanika dkk., 2019). TBS dengan tingkat kematangan yang baik akan menghasilkan rendemen CPO yang tinggi. Namun, proses sortir TBS di PKS yang masih dilakukan secara manual bersifat subjektif, sehingga berpotensi terjadinya kelalaian manusia (*human error*) dalam menilai kematangan TBS.

Beberapa penelitian terdahulu tentang deteksi kematangan TBS memberi gambaran bahwa automasi deteksi kematangan TBS penting dilakukan. Bahri dkk. (2024) dalam penelitiannya berjudul *Pengembangan Sistem Realtime Deteksi Tingkat Kematangan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit Menggunakan Metode Centernet Berbasis Mobile Android* meneliti tentang alat deteksi kematangan TBS di pohon sawit dari jarak jauh menggunakan android. Widodo dkk. (2024) dengan penelitiannya yang berjudul *Egrek Digital: Peningkatan Efisiensi Panen dan Substitusi Impor* menciptakan egrek yang dilengkapi *ripeness detector* untuk mendeteksi kematangan TBS saat pemanenan sawit.

Penelitian-penelitian tersebut berfokus pada deteksi kematangan TBS saat pemanenan oleh petani di kebun sawit. Namun, menurut hipotesis peneliti, terdapat kesenjangan saat implementasinya. Sistem deteksi kematangan TBS dari jarak jauh berbasis android berpotensi menghasilkan akurasi yang rendah. TBS di pohon bisa saja tertutupi oleh pelepah sawit, tertimpa sawit yang lain, kematangan yang tidak merata, serta rendahnya kualitas gambar kamera android yang berpengaruh terhadap visibilitas sistem dalam mendeteksi.

Penggunaan egrek digital saat pemanenan dikhawatirkan minim peminat. Pemanen sawit di perkebunan sawit rakyat notabenenya adalah masyarakat menengah ke bawah. Penggunaan egrek digital tentu dapat menambah modal (*cost*) petani dalam memanen sawit. Meningkatnya *cost* panen bukan opsi baik bagi petani sawit. Akibatnya, automasi deteksi kematangan TBS tidak berjalan optimal. Di sisi lain, PKS masih tetap menyortir lagi dan menemukan TBS yang tidak layak olah.

Sistem deteksi kematangan TBS yang dilakukan saat penyortiran di PKS merupakan inovasi yang penting dikembangkan. Sistem deteksi kematangan TBS saat penyortiran di PKS membuat proses pengolahan menjadi makin efisien. TBS yang dideteksi langsung di tempat sortir PKS membuat jarak antara kamera citra dan objek deteksi menjadi lebih dekat. Dengan begitu, tingkat akurasi deteksi akan makin tinggi.

Pendeteksian kematangan TBS yang dilakukan di PKS juga tidak akan membebani *cost* petani sawit. Inovasi tersebut sejalan dengan indikator tujuan pembangunan berkelanjutan ke-9 (industri, inovasi, dan infrastruktur) dan ke-12 (konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab). Salah satu pendekatan yang dapat diimplementasikan untuk sistem deteksi kematangan TBS yaitu pembelajaran mendalam (*deep learning*).

Menurut Zulkarnain dkk. (2024), *deep learning* adalah pendekatan pembelajaran mesin yang meniru cara kerja otak manusia menggunakan algoritma secara matematis. Metode tersebut telah menunjukkan hasil yang cukup memuaskan, terutama dalam proses klasifikasi citra yang kompleks. Performa klasifikasi tidak hanya bergantung pada algoritma, melainkan juga pada jumlah data, parameter, dan teknik akuisisi data.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini akan mengkaji tentang ***Implementasi ResNet-50 dalam Sistem Deteksi Kematangan Tandan Buah Segar (TBS) Sawit***. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kematangan TBS dengan mengklasifikasinya ke dalam tiga tingkat kematangan: belum masak, masak, dan terlalu masak. Proses klasifikasi akan menggunakan metode *deep learning convolutional neural networks* (CNN) dengan arsitektur model ResNet-50. Hasil dalam penelitian ini diharapkan dapat memperkaya korpus keilmuan dalam bidang teknologi pertanian sawit modern. Penggunaan arsitektur ResNet-50 dalam mekanisme deteksi kematangan TBS diharapkan dapat menambah pengetahuan mengenai penerapan *deep learning* dalam pengolahan citra di sektor perkebunan sawit.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, tentu dapat diidentifikasi masalah sebagai objek dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana mengoptimalkan arsitektur ResNet-50 dengan strategi *transfer learning* untuk mencapai akurasi deteksi kematangan TBS yang optimum di lingkungan operasional PKS?
2. Bagaimana mengembangkan sistem deteksi kematangan TBS dengan model ResNet-50?
3. Bagaimana mengukur keberhasilan sortasi kematangan TBS dalam sistem deteksi model ResNet-50?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Menghasilkan model klasifikasi berbasis *deep learning* dengan arsitektur ResNet-50 yang mampu menilai tingkat kematangan TBS secara kuantitatif dan akurat sebagai upaya dalam mengoptimalkan objektivitas sortasi kematangan TBS di PKS.
2. Mengimplementasikan model ResNet-50 yang telah dilatih ke dalam sistem aplikasi web berbasis *Flask* yang memiliki fungsionalitas menerima masukan citra TBS serta menampilkan hasil deteksi kematangannya sebagai keluaran.
3. Mengukur tingkat keberhasilan model ResNet-50 secara kuantitatif menggunakan metrik evaluasi *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score* berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap data uji.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan manfaat yang dapat ditinjau dari berbagai aspek. Aspek tersebut meliputi manfaat teoritis dan praktis seperti berikut.

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

- a. Berkontribusi terhadap pengembangan teori dalam bidang teknologi pengolahan sawit.

- b. Memperkaya kajian ilmiah mengenai sistem deteksi kematangan TBS berbasis *deep learning*.
- c. Memberikan pemahaman baru tentang implementasi sistem deteksi kematangan TBS dengan model ResNet-50, sehingga mampu meningkatkan kualitas hasil pengolahan TBS.

#### 1.4.2 Manfaat Praktis

- a. Peneliti memperoleh pengalaman untuk turut berkontribusi terhadap pengembangan industri sawit Indonesia.
- a.b. Meningkatkan akurasi dalam penyortiran kematangan TBS di PKS.
- c. Meningkatkan kualitas hasil pengolahan TBS sebagai upaya mendongkrak daya saing industri sawit nasional.
- b.d. Menghadirkan teknologi sortasi TBS yang objektif dan ergonomis untuk memberikan nilai tambah terhadap pendapatan industri sawit.

#### 1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Agar penelitian ini tetap terfokus, valid, dan dapat direplikasi, terdapat beberapa paramater dalam lingkup penelitian sebagai berikut.

1. Data yang digunakan sebagai objek penelitian adalah citra dari tandan buah segar (TBS) sawit. Penelitian ini menggunakan *dataset* sekunder yang bersumber dari repositori data publik, yaitu Kaggle.com. Sedangkan, data uji sistem bersumber dari citra TBS yang berada di pabrik kelapa sawit (PKS) Perseroan Terbatas Perkebunan Nusantara (PTPN) IV Tanjung Seumantoh.
2. Jumlah *dataset* yang digunakan untuk membangun model sebanyak 1.380 citra TBS. Dari total citra *dataset*, distribusi untuk kelas belum masak sebanyak 460 citra (33,3%); kelas masak 460 citra (33,3%); dan kelas terlalu masak sebanyak 460 citra (33,3%). Periode pengumpulan *dataset* dan data latih dilakukan pada November 2025—Maret 2026.
3. Penelitian akan menghasilkan sistem deteksi yang mengimplementasikan metode *deep learning* dengan arsitektur *convolutional neural network* model ResNet-50. Sistem yang dihasilkan bekerja dengan melakukan klasifikasi

untuk menentukan tingkat kematangan TBS ke dalam kategori belum masak, masak, dan terlalu masak.

4. Representasi matriks piksel (tensor) dari citra TBS yang mencakup pola visual warna merupakan variabel independen yang menjadi objek deteksi dalam mengklasifikasi tingkat kematangan TBS dengan model ResNet-50. Sementara itu, label yang merepresentasikan kelas kematangan belum masak, masak, dan terlalu masak merupakan variabel dependen.
5. Sistem deteksi akan dikembangkan sebagai aplikasi web berbasis *Flask*. Dengan begitu, sistem dapat menerima masukan berupa citra dari kamera perangkat atau unggahan fail untuk dilakukan inferensi menggunakan model yang telah dilatih.
6. Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi TBS yang diletakkan di posisi yang terkontrol. Pengujian tidak dilakukan pada kondisi pemanenan di pohon atau dalam kondisi yang bergerak seperti konveyor.