

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga banyak tanaman tumbuh dengan subur. Sektor pertanian memiliki peranan yang cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia. Perkebunan merupakan salah satu subsektor dari pertanian yang memiliki potensi yang cukup besar. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2024), pada tahun 2023 nilai ekspor nasional komoditas perkebunan berkontribusi sebesar 13,06 % dengan nominal sebesar USD 258,80 miliar. Komoditas kelapa sawit mendominasi nilai ekspor perkebunan tahun 2023 dengan kontribusi mencapai 75,80 % atau sebesar USD 25,61 miliar.

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) salah satu tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Menurut data BPS (2024), untuk luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 15,43 juta hektar (ha) pada 2023. Jumlah ini meningkat 2,94 % dibandingkan pada tahun sebelumnya yang memiliki luas 14,99 juta ha. Banyaknya produksi kelapa sawit di Indonesia membuat Indonesia menjadi negara dengan produsen minyak sawit terbesar di dunia. Hal ini sesuai dengan Data Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) (2024) yang menginformasikan bahwa Indonesia merupakan produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Lebih dari setengah total produksi minyak sawit dunia berasal dari Indonesia. Bahan baku untuk industri seperti mentega/minyak goreng, sabun kosmetik, tekstil, biodiesel banyak menggunakan *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai bahan bakunya.

Produsen atau Pabrik Kelapa Sawit (PKS) di Indonesia harus selalu menjamin kualitas dari CPO yang dihasilkan. Menurut Razali *et al.*, (2012) dalam Sari *et al.*, (2019), kualitas TBS yang terbaik adalah TBS yang mempunyai kandungan minyak yang

tertinggi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk penentuan kandungan minyak pada TBS adalah metode non destruktif. Metode non destruktif adalah metode pengujian atau analisis suatu objek tanpa merusak bentuk, struktur, atau fungsi asli dari suatu produk yang diuji. Metode pengolahan citra merupakan salah satu metode non destruktif yang saat ini sudah banyak digunakan dalam penentuan kualitas produk pertanian. Salah satu metode pengolahan citra yang dapat digunakan adalah pengolahan citra termal. Penelitian mengenai pengolahan citra termal telah dilakukan oleh Azima *et al.*, (2019), hasilnya adalah pengolahan citra termal untuk mendeteksi kematangan buah sawit memiliki tingkat akurasi 80 % dan dinilai lebih efisien dibandingkan dengan cara manual. Kedua penelitian ini masih dilakukan untuk skala laboratorium saja sehingga dibutuhkan upscaling ke skala industri.

Pengambilan citra termal dapat dilakukan menggunakan alat berupa kamera termal. Ukuran suatu radiasi yang bergerak dan tidak bergerak dapat diukur oleh alat ini tanpa bergantung pada pencahayaan. Menurut Makky *et al* (2018), dengan menggunakan kamera termal setiap objek yang mengeluarkan energi panas dengan suhu 0 °K dapat diketahui nilainya tanpa melakukan interaksi. Pengolahan citra termal memiliki keunggulan dibandingkan pengolahan citra optis, yang mana pengolahan citra optis memiliki ketergantungan terhadap cahaya sekitar produk/objek yang diteliti sedangkan pengolahan citra termal tidak. Teknik pengujian yang dilakukan yaitu dengan memanfaatkan pancaran suhu yang disebabkan gerak acak dari partikel (Kusnandar, 2018 dalam Fauziah, 2021).

Kualitas dari CPO yang dihasilkan dapat ditentukan dengan penanganan pascapanen yang tepat pada Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit. Salah satu proses pascapanen yang perlu diperhatikan pada TBS adalah *grading*. *Grading* merupakan aktivitas pemilahan TBS sebagai bentuk pengendalian mutu CPO yang akan diproduksi baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Aktivitas *grading*

biasanya dilakukan secara manual menggunakan *human vision* oleh seseorang yang berpengalaman. Metode ini bersifat subyektif, rentan kesalahpahaman, lambat, tidak menyeluruh, dan tidak kuantitatif. Pada PKS proses *grading* awal biasanya dilakukan di halaman *loading ramp* (tempat penerimaan buah). Lantai *area loading ramp* ini berbahan semen dan dapat menyerap panas. Suhu tinggi pada lantai dapat meningkatkan laju respirasi pada TBS, yang pada akhirnya mempercepat proses pembusukan dan penurunan kualitas TBS. Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibutuhkan sistem *grading* menggunakan teknologi yang otomatis, cepat, dan efisien. Proses *grading* dilakukan menggunakan dua tingkat kematangan yaitu matang dan mentah.

Penelitian mengenai evaluasi penentuan kualitas TBS menggunakan kamera termal sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Fauziah (2021). Pada penelitian tersebut digunakan model prediksi menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dan hasilnya diketahui bahwa evaluasi non destruktif kualitas TBS berdasarkan sifat termal dapat memprediksi kualitas TBS. Hanya saja penelitian ini dilakukan untuk TBS yang akan dipanen (saat TBS masih di pohon untuk menentukan buah sudah siap untuk dipanen atau belum) sehingga penulis melihat potensi tersebut untuk dilakukan penelitian saat proses *grading* di area *loading ramp*.

Perbedaan prinsip pada penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian yang sudah dilakukan oleh Fauziah (2021) adalah jika pengambilan data TBS saat masih berada di pohon berada di bawah tajuk sehingga tidak terkena radiasi matahari langsung sedangkan jika berada di area *loading ramp* terkena radiasi langsung, hal ini membuat kondisi fisik TBS berbeda. Pengambilan data menggunakan citra termal saat TBS berada di pohon ada potensi bagian TBS yang tidak ter *coverage* secara keseluruhan. Perbedaan prinsip pada penggunaan alat / kamera termal saat di pohon dan di *loading ramp* adalah, pada tahap panen, alat digunakan untuk menentukan apakah TBS siap dipanen atau

perlu menunggu waktu yang lebih lama lagi hingga mencapai tingkat kematangan optimal. Sementara itu, di tempat *grading*, alat digunakan untuk menentukan kelayakan TBS yang akan di proses oleh PKS. Saat TBS tiba di PKS, proses *grading* harus segera dilakukan untuk menilai mutu dan menentukan TBS mana yang memenuhi standar pengolahan dan mana yang tidak. TBS yang memenuhi kriteria pengolahan akan dikembalikan kepada penyeter guna menghindari kerugian bagi perusahaan atau PKS.

Pengambilan foto dilakukan pada seluruh permukaan objek untuk mengevaluasi keseragaman distribusi suhu. Suhu yang terdeteksi oleh sensor kemudian diolah dan diterjemahkan ke dalam bentuk warna yang mempresentasikan variasi suhu tersebut. Perbedaan utama antara alat ini dengan alat sebelumnya terletak pada algoritma pengolahan data suhu yang digunakan. Oleh karena itu, dilakukan pengujian pada sensor untuk memastikan keakuratan dalam mendeteksi serta menerjemahkan suhu ke dalam representasi visual yang tepat.

Berdasarkan uraian tersebut maka penulis melakukan penelitian dengan judul **“Evaluasi Non Destruktif Kualitas Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Menggunakan Citra Termal Pada Proses *Grading*”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Pengujian yang dilakukan selama ini masih dengan cara pengujian laboratorium, visual dan manual yang dinilai kurang efisien;
2. Belum adanya pengujian kualitas TBS menggunakan pencitraan termal pada saat proses *grading* di area *loading ramp*; dan
3. Belum adanya prediksi parameter kualitas TBS kelapa sawit menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) pada saat proses *grading* di area *loading ramp* berdasarkan sifat termal.

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menentukan karakteristik termal TBS kelapa sawit yang relevan terhadap penilaian kualitas TBS yang digunakan (kadar air dan kandungan minyak); dan
2. Membuat model kualitas TBS kelapa sawit berdasarkan karakteristik termal menggunakan JST.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian ini sampel yang digunakan yaitu sawit varietas Tenera berusia 11 tahun);
2. TBS yang digunakan adalah TBS dengan dua tingkat kematangan yaitu matang dan mentah (untuk menentukan apakah TBS masuk kategori lanjut diolah atau tidak oleh PKS);
3. Sampel yang diuji adalah TBS yang sedang dalam proses *grading* di area *loading ramp* PKS;
4. Parameter kualitas TBS yang diuji adalah kandungan minyak (OC) dan kadar air;
5. Karakteristik citra termal yang digunakan berdasarkan warna *pseudo red* (R), *green* (G), *Blue* (B) dan Suhu (T) (Fauziah, 2021);
6. Pengambilan data dari jarak $\pm 1,5$ meter menggunakan kamera termal yang disambungkan ke *smartphone*; dan
7. Pengolahan data menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) *Multi Layer Perceptron* (MLP).

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah ditemukannya metode praktis, efektif dan efisien untuk identifikasi kualitas TBS selama proses *grading*. Penelitian ini dapat mengurangi ketergantungan proses *grading* dengan cara manual yang cenderung bersifat subjektif.