

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Estimasi kalori merupakan salah satu informasi yang berperan dalam perencanaan konsumsi pangan karena digunakan sebagai indikator kuantitatif nilai energi suatu bahan atau makanan (Quan et al., 2025). Di Indonesia, rujukan resmi kandungan gizi tersedia dalam Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) yang diterbitkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kementerian Kesehatan RI, 2020). TKPI menyajikan informasi nilai energi per 100 gram bahan pangan dan digunakan sebagai referensi dalam kajian gizi, penelitian kesehatan masyarakat, serta perhitungan komposisi pangan (Apriningrum et al., 2020).

Dalam kehidupan sehari-hari, estimasi kalori bahan pangan masih dilakukan secara manual dengan mengacu pada referensi nilai energi atau tabel serupa. Proses ini memerlukan kemampuan mengenali jenis bahan pangan dan memperkirakan beratnya secara akurat. Kesalahan identifikasi maupun estimasi berat dapat menghasilkan perbedaan nilai kalori yang signifikan. Perkembangan *computer vision* membuka peluang untuk membantu identifikasi bahan pangan melalui citra digital. Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem pengenalan makanan berbasis *deep learning*, seperti *Convolutional Neural Network* dan *Vision Transformer*. Namun, sebagian penelitian berfokus pada makanan siap konsumsi dan memprediksi kalori secara langsung dari citra sebagai variabel kontinu (Kalivaraprasad et al., 2024).

Pendekatan tersebut memiliki tantangan karena nilai kalori tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik visual suatu objek, tetapi juga oleh komposisi bahan dan berat aktual porsinya. Makanan siap konsumsi umumnya terdiri atas berbagai bahan yang saling bercampur sehingga identifikasi visual menjadi lebih kompleks. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan analisis pada bahan pangan mentah. Pendekatan ini dipilih karena identitas bahan pangan mentah relatif lebih jelas dibandingkan makanan siap saji, sehingga proses klasifikasi visual dapat dilakukan dengan lebih terarah. Setelah jenis bahan diketahui, nilai kalorinya dapat dihitung secara deterministik menggunakan referensi TKPI berdasarkan berat bahan yang dimasukkan pengguna, tanpa perlu memodelkan hubungan langsung antara citra dan nilai kalori (Kementerian Kesehatan RI, 2020).

Penelitian ini berfokus pada estimasi kalori bahan pangan berbasis citra dengan menggunakan nilai kalori dari Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) sebagai acuan

perhitungan. Kalori dipilih sebagai luaran penelitian untuk menyatakan kandungan energi bahan pangan, mengingat konsumsi energi per kapita per hari didefinisikan sebagai nilai pangan yang dikonsumsi dalam satuan kkal (Badan Pangan Nasional, n.d.). Pemilihan kalori sebagai parameter pelabelan didasarkan pada relevansi terhadap kesehatan, khususnya dalam penanganan obesitas, sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pelabelan kalori telah menjadi salah satu pendekatan yang paling populer dan paling banyak diteliti (Kiszko et al., 2024). Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan nilai kalori dari TKPI sebagai dasar perhitungan estimasi kalori.

Dalam proses identifikasi visual, penelitian ini memanfaatkan Vision Transformer (ViT) sebagai ekstraktor fitur. ViT menggunakan mekanisme *self-attention* untuk mempelajari hubungan global antarbagian citra sehingga mampu membedakan objek dengan variasi warna, tekstur, dan bentuk yang relatif halus (Dosovitskiy et al., 2021). Fitur yang dihasilkan kemudian diklasifikasikan menggunakan XGBoost, yaitu algoritma *gradient boosting* yang mampu memodelkan hubungan nonlinier pada fitur berdimensi tinggi dan memiliki performa yang baik pada berbagai permasalahan klasifikasi multiclass (Chen et al., 2020). Kombinasi ViT sebagai ekstraktor fitur dan XGBoost sebagai pengklasifikasi membentuk arsitektur hibrida yang digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan telaah penelitian terdahulu pada Bab II, jumlah penelitian yang mengintegrasikan deteksi objek, klasifikasi bahan pangan mentah, dan perhitungan kalori berbasis TKPI dalam satu sistem masih relatif terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem estimasi kalori bahan pangan berbasis citra menggunakan arsitektur hibrida Vision Transformer dan XGBoost yang menggabungkan tahapan lokalisasi objek, klasifikasi, dan perhitungan kalori berbasis TKPI ke dalam satu pipeline terintegrasi. Untuk mendukung proses identifikasi pada citra yang memuat lebih dari satu objek, sistem dilengkapi dengan YOLOv8n yang berfungsi mendeteksi dan melokalisasi objek bahan pangan sebelum proses klasifikasi dilakukan. Lingkup penelitian dibatasi pada sepuluh bahan pangan yang umum dikonsumsi dan memiliki data nilai kalori dalam TKPI, yaitu beras putih, telur ayam ras segar, kentang segar, wortel segar, bawang merah segar, bawang putih segar, cabai merah segar, jagung kuning mentah, tomat merah segar, dan terung ungu segar.

Pemilihan bahan didasarkan pada ketersediaan data, perbedaan karakteristik visual, serta keterwakilan kelompok pangan utama seperti sereal, umbi, sayuran, dan sumber protein hewani. Evaluasi penelitian difokuskan pada kinerja klasifikasi bahan pangan menggunakan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *accuracy* (Grandini et al., 2020). Estimasi kalori dihitung secara deterministik menggunakan rumus berbasis TKPI setelah kelas bahan

teridentifikasi dan berat dimasukkan oleh pengguna. Dengan pendekatan ini, kalori tidak dimodelkan sebagai variabel prediktif langsung dari citra, melainkan sebagai hasil perhitungan berbasis standar referensi nasional yang terintegrasi dalam sistem.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana mengembangkan sistem estimasi kalori berbasis citra yang melakukan identifikasi bahan pangan menggunakan arsitektur hibrida Vision Transformer dan XGBoost, kemudian menghitung nilai kalori secara deterministik berdasarkan referensi Tabel Komposisi Pangan Indonesia?
- b. Bagaimana kinerja model klasifikasi hibrida Vision Transformer dan XGBoost dalam mengenali sepuluh jenis bahan pangan yang dievaluasi menggunakan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *accuracy*?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki dua tujuan utama, yaitu:

- a. Mengembangkan sistem estimasi kalori berbasis citra yang melakukan klasifikasi bahan pangan menggunakan arsitektur hibrida Vision Transformer dan XGBoost, serta menghitung nilai kalori secara deterministik berdasarkan referensi Tabel Komposisi Pangan Indonesia.
- b. Mengevaluasi kinerja arsitektur hibrida Vision Transformer dan XGBoost dalam mengenali sepuluh jenis bahan pangan menggunakan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *accuracy*.

1.3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Manfaat Praktis, Penelitian ini menyediakan kerangka sistem yang mampu membantu proses identifikasi bahan pangan melalui citra digital dan mendukung perhitungan nilai kalori berbasis referensi TKPI. Sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi pencatatan kalori pangan serta mengurangi kesalahan akibat identifikasi manual yang kurang konsisten dan rentan kesalahan.

- b. Manfaat Akademik, Penelitian ini dapat memberikan kontribusi mengenai integrasi antara klasifikasi bahan pangan berbasis citra dengan perhitungan kalori menggunakan referensi TKPI. Selain itu, penelitian ini menyajikan evaluasi kinerja model klasifikasi pada tugas pengenalan bahan pangan yang dapat menjadi referensi metodologis bagi penelitian lanjutan dalam konteks serupa.

1.4. Kontribusi dan Orisinalitas Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi serta memiliki unsur orisinalitas yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Integrasi Referensi Gizi Nasional dalam Sistem Berbasis Citra

Sebagian besar penelitian estimasi kalori berbasis citra menggunakan basis data nutrisi internasional atau memprediksi nilai kalori secara langsung sebagai keluaran model. Penelitian ini mengintegrasikan Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) sebagai referensi resmi dalam tahap perhitungan kalori setelah proses klasifikasi bahan pangan. Dengan demikian, sistem tidak hanya melakukan pengenalan visual, tetapi juga mengaitkannya secara eksplisit dengan standar gizi nasional dalam satu alur terstruktur.

- b. Estimasi Kalori Berbasis Identifikasi Komponen Bahan

Penelitian ini merumuskan estimasi kalori sebagai proses dua tahap, yaitu klasifikasi bahan pangan dari citra dan perhitungan kalori berdasarkan berat bahan serta nilai kalori per 100 gram yang mengacu pada TKPI. Pendekatan ini berbeda dari model *end-to-end* yang secara langsung memetakan citra ke nilai kalori, karena estimasi kalori dalam penelitian ini dilakukan melalui identifikasi jenis bahan terlebih dahulu sebelum perhitungan berdasarkan data gizi yang tersedia.

- c. Evaluasi Arsitektur Hibrida Vision Transformer–XGBoost

Penelitian ini mengevaluasi kombinasi Vision Transformer sebagai ekstraktor fitur visual dan XGBoost sebagai model klasifikasi pada tugas pengenalan sepuluh jenis bahan pangan. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *accuracy* untuk mengukur konsistensi dan stabilitas performa model.

1.5. Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup kajian serta mencegah perluasan permasalahan di luar tujuan penelitian. Adapun batasan penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

- a. Objek Penelitian dibatasi pada sepuluh jenis bahan pangan, yaitu beras putih, telur ayam ras segar, kentang segar, wortel segar, bawang merah segar, bawang putih segar, cabai merah segar, jagung kuning mentah, tomat merah segar, dan terung ungu segar (terong) yang memiliki data nilai kalori dalam Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI).
- b. Sistem hanya melakukan identifikasi jenis bahan pangan berdasarkan citra dan tidak mencakup estimasi berat atau volume bahan secara otomatis. Nilai berat bahan dimasukkan secara manual oleh pengguna sebagai parameter dalam perhitungan kalori.
- c. Estimasi kalori dihitung menggunakan rumus deterministik berdasarkan nilai energi (kkal) per 100 gram yang tercantum dalam TKPI. Model tidak digunakan untuk memprediksi nilai kalori secara langsung dari citra.
- d. Parameter gizi yang dianalisis dibatasi pada nilai kalori dalam satuan kilokalori (kcal) berdasarkan referensi TKPI. Kandungan gizi lain seperti protein, lemak, dan karbohidrat tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.
- e. Dataset citra yang digunakan dibatasi pada sepuluh jenis bahan pangan yang telah melalui proses pelabelan, augmentasi, dan praproses data untuk keperluan pelatihan serta pengujian model deteksi dan klasifikasi.
- f. Sistem melakukan klasifikasi citra bahan pangan menggunakan Vision Transformer sebagai ekstraktor fitur dan XGBoost sebagai model klasifikasi. Hasil klasifikasi digunakan sebagai dasar estimasi kalori berdasarkan data referensi TKPI. Evaluasi penelitian difokuskan pada kinerja klasifikasi menggunakan metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun secara sistematis dalam lima bab sebagai berikut.

Bab I Pendahuluan memuat latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, kontribusi dan orisinalitas penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka menguraikan landasan teori yang meliputi konsep citra digital dan pengolahan citra, pengenalan citra bahan pangan, arsitektur Vision Transformer, algoritma XGBoost untuk klasifikasi, serta konsep kalori dan pemanfaatan Tabel Komposisi Pangan Indonesia sebagai referensi perhitungan deterministik. Bab ini juga membahas penelitian terdahulu yang relevan serta analisis kebaruan penelitian.

Bab III Metodologi Penelitian menjelaskan tahapan pengumpulan dan pengolahan data, perancangan arsitektur sistem yang mengintegrasikan modul deteksi objek berbasis YOLOv8n, klasifikasi bahan pangan menggunakan hibrida Vision Transformer dan XGBoost, perhitungan estimasi kalori berbasis TKPI, perancangan antarmuka sistem, serta rencana evaluasi menggunakan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *accuracy*.

Bab IV Hasil dan Pembahasan menyajikan hasil implementasi seluruh komponen sistem, meliputi ekstraksi *embedding* ViT, hasil optimasi *hyperparameter* XGBoost melalui *Grid Search*, analisis kinerja model klasifikasi pada data validasi dan data *testing*, perbandingan dengan model *baseline Simple CNN*, implementasi modul estimasi kalori berbasis TKPI, implementasi antarmuka pengguna, serta hasil pengujian fungsionalitas sistem secara keseluruhan.

Bab V Penutup menyajikan kesimpulan penelitian yang menjawab seluruh rumusan masalah yang telah ditetapkan, beserta saran untuk pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya.



