

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Buah-buahan merupakan salah satu bahan pangan yang paling cepat mengalami penurunan kualitas setelah dipanen. Hal ini disebabkan oleh sifat alami buah yang bersifat mudah rusak (*perishable*), terutama ketika disimpan pada suhu ruang tanpa perlakuan khusus. Di tingkat rumah tangga, permasalahan ini sering menimbulkan kebingungan. Konsumen kerap kali menghadapi dilema antara mempertahankan buah yang tampak masih segar namun ternyata telah berada pada fase awal pembusukan, atau justru membuang buah yang masih layak konsumsi karena ragu terhadap kondisinya. Perbedaan yang sangat tipis dalam perubahan warna, tekstur, atau bentuk pada buah sering kali tidak dapat dikenali dengan baik oleh mata manusia, apalagi oleh konsumen biasa yang tidak memiliki keahlian dalam menilai tingkat kesegaran secara objektif. Akibatnya, buah-buahan yang masih dapat dikonsumsi dibuang begitu saja atau sebaliknya buah yang telah membusuk dikonsumsi sehingga berisiko bagi kesehatan.



Gambar I.1 Data Infografis Sampah Makanan

Sumber : katadata.co.id

Gambar di atas menunjukkan infografis mengenai kondisi darurat sampah makanan di Indonesia berdasarkan data dari katadata.co.id. dalam infografis ini

terlihat bahwa indonesia menghasilkan sekitar 23-48 juta ton sampah makanan per tahun, setara dengan 115-184 kg sampah makanan per orang. Selain berdampak pada kerugian ekonomi yang diperkirakan mencapai Rp 213-551 triliun per tahun, kondisi ini juga mengakibatkan kerugian sosial, karena sampah makanan tersebut seharusnya bisa memberi makan hingga 61-125 juta orang. Jenis sampah makanan terbanyak berasal dari sayuran, diikuti nasi, produk susu, daging, dan ikan

Fenomena ini secara langsung berkontribusi terhadap meningkatnya *food waste* atau pemborosan makanan, terutama di sektor rumah tangga. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), sektor rumah tangga merupakan penyumbang terbesar limbah makanan di Indonesia, yaitu sekitar 38% dari total sampah nasional, dengan 41% di antaranya merupakan sampah organik seperti buah dan sayuran (KLHK, 2021). Di sisi lain, FAO juga mencatat bahwa sekitar 45-50% dari total produksi buah dan sayuran dunia akhirnya terbuang sia-sia, Sebagian besar karena pembusukan yang tidak terdeteksi dengan baik. Selain merugikan dari sisi ekonomi, kondisi ini juga berdampak terhadap lingkungan karena limbah organik menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti metana saat membusuk di tempat pembuangan akhir. (FAO, 2019)

Situasi ini menyoroti adanya kebutuhan mendesak terhadap alat bantu penilai kesegaran buah yang bersifat objektif, mudah digunakan, dan dapat diimplementasikan di tingkat rumah tangga. Metode tradisional yang mengandalkan pengamatan visual manusia terbukti kurang akurat, subjektif, dan tidak konsisten. Oleh karena itu, pendekatan berbasis *image recognition* menggunakan menggunakan *deep learning*, hadir dengan sebagai solusi teknologi yang potensial. Liu dkk. (2020) menjelaskan bahwa teknologi *image recognition* berbasis *deep learning* telah menjadi standar baru dalam deteksi objek dan pengenalan visual, yang banyak diterapkan dalam pertanian presisi, analisis kualitas makanan, serta sistem medis. Namun, mayoritas penelitian terdahulu dalam domain deteksi kualitas buah hanya mengandalkan satu citra statis dari buah sebagai input klasifikasi. Pendekatan ini tidak cukup representatif mengingat proses pembusukan pada buah terjadi progresif dan bertahap, sehingga diperlukan model yang mampu memahami perubahan visual dari waktu ke waktu.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba mengembangkan sistem klasifikasi kesegaran buah berbasis citra, namun sebagian besar fokus pada pendekatan satu gambar dan tidak menggabungkan aspek temporal secara eksplisit. Misalnya, studi oleh Ali dkk. (2021) menggunakan CNN untuk klasifikasi kesegaran tomat, namun hanya berdasarkan satu citra tanpa mempertimbangkan urutan waktu. Penelitian oleh Kim dan Park (2021) juga melakukan klasifikasi kesegaran apel menggunakan fitur warna dan tekstur, tetapi model yang digunakan tidak mampu menangkap perubahan bertahap selama waktu penyimpanan. Oleh karena itu, pendekatan berbasis *image sequence* dengan arsitektur ConvLSTM yang digunakan dalam penelitian ini menjadi pembeda utama, karena mampu mengenali dinamika perubahan kesegaran buah dari waktu ke waktu. Hal ini penting mengingat proses pembusukan bersifat bertahap dan tidak dapat diwakili oleh satu citra saja

Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan model *Convolutional Long Short-Term Memory* (ConvLSTM), sebuah arsitektur jaringan syaraf dalam yang menggabungkan *Convolutional Neural Networks* (CNN) dalam memahami fitur spasial dengan *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang mampu memahami informasi temporal atau urutan waktu. Model ConvLSTM telah terbukti efektif dalam menangani data visual yang berubah secara bertahap, seperti pada penelitian prediksi umur simpan buah (Zhang dkk., 2023), sistem pemantauan tanaman dari citra satelit (Chen dkk., 2022), prediksi cuaca multitask (Wang dkk., 2023), hingga pengenalan ekspresi wajah dalam video berurutan (Shaikh dkk., 2023). Model ini memungkinkan sistem tidak hanya mengklasifikasikan tingkat kesegaran buah, tetapi juga memprediksi estimasi waktu pembusukan secara kuantitatif. Kemampuan multitask ini sangat penting bagi konsumen rumah tangga, karena memungkinkan mereka membuat keputusan yang lebih tepat dalam mengelola buah kapan harus dikonsumsi, disimpan, atau dibuang.

Penelitian ini dikembangkan berdasarkan *dataset* citra urutan buah-buahan rumah tangga yang diambil secara berkala sejak kondisi segar hingga membusuk. Dengan pendekatan *image sequence* yang ditangani oleh model ConvLSTM, system ini mampu melakukan dua tugas sekaligus: klasifikasi Tingkat kesegaran

dan regresi estimasi waktu hingga busuk. Zhang dkk. (2023) menunjukkan bahwa model ConvLSTM dengan pendekatan *multitask learning* menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan model CNN konvensional yang hanya fokus pada klasifikasi satu tugas, terutama dalam memahami perubahan bertahap pada citra buah secara temporal. Penggunaan model ini secara praktis dapat diterapkan di rumah tangga, aplikasi *mobile*, atau bahkan sistem *smart fridge*, yang akan membantu masyarakat mengurangi pemborosan, meningkatkan efisiensi konsumsi, dan menjaga kesehatan keluarga.

Lebih jauh, penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi terhadap pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama SDG 12: *Responsible Consumption and Production*, yang mendorong pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan, serta SDG 2: *Zero Hunger*, dengan mengurangi *food loss* pada tingkat konsumen dengan menekan *food waste*, model ini secara tidak langsung berkontribusi pula pada pengurangan emisi karbon dan pelestarian sumber daya alam.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana hasil klasifikasi tingkat kesegaran buah berdasarkan *image sequence* menggunakan model ConvLSTM?
- b. Bagaimana hasil prediksi estimasi waktu pembusukan buah menggunakan model ConvLSTM

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Mengembangkan model klasifikasi tingkat kesegaran buah berdasarkan *image sequence* menggunakan model ConvLSTM
- b. Memprediksi estimasi waktu pembusukan buah dengan model ConvLSTM

I.4 Batasan Penelitian

Untuk memfokuskan penelitian ini, beberapa batasan ditetapkan sebagai berikut:

- a. Penelitian ini berfokus pada pengembangan pemodelan deteksi tingkat kesegaran buah, meliputi buah naga, buah salak, buah stroberi, kurma, anggur, apel, jeruk, pir, alpukat, dan pisang.
- b. Data yang digunakan berupa urutan gambar (*sequence data*) yang menunjukkan perubahan dari segar hingga busuk dalam beberapa hari.
- c. Pengambilan foto-foto yang akan diambil :
 - Kondisi pencahayaan yang alami.
 - Resolusi foto yaitu *smartphone iPhone 12 Promax* 2778 x 1284.
 - Mengambil foto per 6 jam.
 - Total foto 5600 (560 per buah).
- d. Tingkat kesegaran buah dikelompokkan ke dalam tiga kategori :
 - Layak konsumsi (segar) di mana bahan belum mengalami perubahan signifikan pada tekstur atau warna.
 - Hampir tidak layak dimana terdapat perubahan kecil pada tekstur, warna, atau kondisi.
 - Tidak layak konsumsi dimana perubahan yang mencolok seperti menggumpal, berjamur, atau perubahan warna drastis.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi konsumen rumah tangga, membantu konsumen dalam memilih dan memantau produk buah-buahan dan juga mengurangi risiko pemborosan dan pembusukan bahan masak di tingkat rumah tangga.
- b. Bagi peneliti, memberikan referensi bagi pengembangan model *image recognition* yang adaptif untuk berbagai jenis buah.
- c. Bagi Akademisi, Memperkaya kajian ilmiah terkait penerapan *image recognition* dalam bidang keamanan dan manajemen pangan.

I.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun secara sistematis dalam enam bab utama yang saling terhubung untuk membentuk alur berpikir yang jelas, mulai dari latar belakang permasalahan hingga kesimpulan dan saran. Sistematika penulisan ini dirancang

untuk memandu pembaca memahami proses pengembangan model pendeteksi kesegaran buah berbasis ConvLSTM, mulai dari landasan teori, metodologi, hingga implementasi dan evaluasi.

a. BAB I – Pendahuluan

Bab ini menguraikan latar belakang permasalahan yang melandasi penelitian, perumusan masalah, tujuan, batasan ruang lingkup, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Penjabaran ini membantu pembaca memahami urgensi penelitian serta arah dan fokus yang diambil.

b. BAB II – Tinjauan Pustaka

Bab ini menyajikan landasan teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik, seperti konsep kesegaran buah, *image recognition*, *deep learning*, dan ConvLSTM. Pemilihan teori ini dijelaskan secara spesifik untuk mendukung pemilihan metode dan algoritma yang digunakan dalam penelitian.

c. BAB III - Metodologi Penelitian

Bab ini memaparkan pendekatan metodologi yang digunakan dalam penelitian, yaitu tahapan *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) yang mencakup seleksi data, *preprocessing*, transformasi, pelatihan model, evaluasi, dan interpretasi. Setiap tahapan dijelaskan berdasarkan proses aktual yang dilakukan dalam pengembangan model.

d. BAB IV – Penyelesaian Permasalahan

Bab ini menjelaskan secara rinci proses teknis penyelesaian masalah, mulai dari pengumpulan data citra buah, penyusunan data sequence, arsitektur model ConvLSTM, hingga pengujian awal model. Bab ini menunjukkan bagaimana pendekatan spasial-temporal diterapkan dalam tugas klasifikasi dan prediksi waktu pembusukan.

e. BAB V – Validasi, Analisis Hasil, dan Implikasi

Bab ini membahas hasil evaluasi performa model terhadap data uji, analisis kesalahan prediksi, serta implikasi penggunaan model dalam kehidupan nyata. Hasil pengujian ditafsirkan untuk melihat sejauh mana model mampu membantu pengambilan keputusan terkait pengelolaan bahan makanan di rumah tangga.

f. BAB VI – Kesimpulan dan Saran

Bab terakhir merangkum temuan utama dari penelitian dan memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil eksperimen dan validasi, serta mencerminkan keberhasilan pencapaian tujuan penelitian.

Dengan struktur ini, pembaca dapat mengikuti alur berpikir secara runtut mulai dari identifikasi masalah hingga solusi yang diimplementasikan dan dievaluasi. Sistematika ini juga membantu menunjukkan keterkaitan antara teori, metode, dan hasil yang diperoleh.