

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi telah lama menempatkan dirinya bukan sekadar sebagai komoditas perkebunan biasa, melainkan sebagai bagian fundamental dari dinamika sosial dan ekonomi global yang sangat kompleks. Di Indonesia, fenomena menjamurnya kedai kopi mulai dari skala mikro hingga jaringan kafe internasional menunjukkan bahwa minuman ini telah bertransformasi menjadi gaya hidup yang melintasi berbagai batas usia, profesi, dan kelas sosial. Secara ekonomi, industri kopi nasional merupakan pilar penting yang menyerap jutaan tenaga kerja dari hulu ke hilir, mulai dari petani kecil di pelosok pegunungan hingga barista profesional di pusat kota. Sektor ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap devisa negara, tetapi juga menjadi motor penggerak ekonomi kreatif di berbagai daerah (Ashardiono & Trihartono, 2024). Namun, di balik popularitasnya yang masif dan pertumbuhan konsumsi yang pesat, industri kopi masih menyimpan tantangan besar yang belum terselesaikan sepenuhnya, terutama dalam hal penjaminan mutu, standarisasi produk, dan transparansi informasi bagi konsumen.

Bagi masyarakat awam, bahkan bagi sebagian pelaku usaha pemula, membedakan satu jenis biji kopi dengan jenis lainnya secara visual sering kali menjadi tugas yang sangat sulit tanpa bantuan tenaga ahli atau *roaster* berpengalaman. Ketidakmampuan untuk mengidentifikasi karakteristik fisik biji kopi secara akurat dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi para pemangku kepentingan dalam rantai pasok. Sebagai contoh, kesalahan dalam pelabelan varietas atau ketidaktepatan dalam menentukan profil sangrai dapat menurunkan nilai jual produk di pasar internasional serta menyebabkan kekecewaan bagi konsumen yang mengharapkan profil rasa tertentu. Oleh karena itu, standarisasi yang didukung oleh teknologi menjadi kebutuhan mendesak untuk menjembatani kesenjangan pengetahuan antara produsen dan konsumen.

Keanekaragaman hayati kopi di pasar dunia sebenarnya jauh lebih kaya daripada yang dibayangkan oleh kebanyakan orang. Selama ini, narasi pasar

didominasi oleh dua varietas besar, yaitu Arabika dan Robusta. Arabika sering kali dipuja karena kompleksitas rasanya yang menyerupai buah-buahan atau bunga dengan tingkat keasaman yang menyegarkan, menjadikannya pilihan utama bagi penikmat kopi premium di segmen *specialty coffee* (Yeager et al., 2023). Di sisi lain, Robusta dikenal dengan karakter rasa yang lebih kuat, pahit, dan tekstur yang lebih tebal, yang menjadikannya fondasi utama bagi industri kopi instan maupun racikan espresso tradisional. Namun, kekayaan kopi Indonesia tidak berhenti di sana, karena terdapat jenis kopi lain yang memiliki nilai eksotis tinggi seperti Liberika dan Ekselsa yang mulai mendapatkan perhatian kembali di pasar global.

Kopi Liberika sering dijuluki sebagai kopi nangka karena memiliki aroma buah yang sangat kuat dengan ukuran biji yang cenderung lebih besar dan asimetris. Sementara itu, kopi Ekselsa menawarkan keunikan rasa yang sangat kontras, yakni perpaduan antara rasa asam yang tajam dan aroma yang cenderung mengarah ke kayu-kayuan atau rempah. Kehadiran varietas-varietas ini semakin memperumit proses identifikasi visual bagi masyarakat non-ahli, padahal masing-masing jenis tersebut memiliki segmen pasar, harga, dan nilai ekonomi yang berbeda-beda. Tanpa adanya sistem klasifikasi yang objektif, potensi nilai ekonomi dari varietas eksotis ini sering kali tidak tergarap secara maksimal karena kurangnya kepercayaan pasar terhadap otentisitas produk.

Selain perbedaan genetik atau jenis biji, faktor yang paling menentukan kualitas akhir dan karakteristik organoleptik dari secangkir kopi adalah proses penyangraian atau *roasting*. Proses ini merupakan tahap krusial di mana biji kopi mentah (*green beans*) yang semula keras, tidak berbau, dan memiliki rasa seperti rumput, mengalami transformasi fisik dan kimia yang drastis melalui paparan panas yang terkontrol. Secara umum, tingkat sangrai dibagi menjadi tiga kategori besar, yaitu tingkat cerah (*light*), sedang (*medium*), dan gelap (*dark*). Perubahan warna yang terjadi selama penyangraian bukan sekadar perubahan estetika permukaan, melainkan cerminan dari reaksi kimia kompleks di dalam struktur seluler biji kopi yang memengaruhi kandungan senyawa bioaktif, seperti asam klorogenat, protein, dan kafein (Ali et al., 2025).

Aspek kimiawi di balik tingkat sangrai ini sering kali menjadi subjek kesalahpahaman di masyarakat luas. Misalnya, pada tingkat sangrai yang cerah, senyawa asli dari biji kopi masih terjaga sehingga konsumen dapat merasakan karakter asli dari tanah (*terroir*) tempat kopi tersebut ditanam. Sebaliknya, pada tingkat sangrai yang gelap, reaksi kimia seperti karamelisasi dan pirolisis mendominasi, sehingga rasa asli biji cenderung tertutup oleh rasa pahit dan aroma asap yang kuat. Pemahaman mengenai kaitan antara warna visual biji dan profil kimiawi di dalamnya sangat penting bagi pelaku industri untuk menjaga konsistensi rasa produk mereka. Ketidakmampuan dalam mengontrol tingkat sangrai secara konsisten akan berujung pada kualitas produk yang fluktuatif, yang pada akhirnya merusak reputasi merek dagang di mata pelanggan.

Selama bertahun-tahun, klasifikasi jenis dan tingkat sangrai kopi masih sangat bergantung pada kemampuan sensorik manusia atau yang sering disebut dengan penilaian subjektif tenaga ahli *roaster*. Meskipun para ahli ini memiliki ketajaman indra yang luar biasa, metode manual ini memiliki hambatan bawaan yang signifikan, yaitu faktor kelelahan manusia (*human fatigue*), bias penglihatan akibat kondisi pencahayaan yang berbeda-beda, serta sulitnya menjaga konsistensi dalam jangka panjang. Di sisi lain, meskipun terdapat alat laboratorium canggih seperti kromatografi atau sensor warna industri kelas atas untuk membantu proses identifikasi, biaya investasinya sangat mahal dan prosedur operasionalnya terlalu rumit untuk diterapkan oleh pemilik kedai kopi kecil, pengusaha *roastery* lokal, atau petani kopi di pelosok daerah. Urgensi penelitian ini muncul dari kebutuhan akan sebuah solusi teknologi yang tidak hanya akurat dan konsisten secara ilmiah, tetapi juga murah, portabel, dan mudah diakses oleh siapa saja melalui perangkat yang sudah mereka miliki setiap hari, seperti telepon pintar atau *smartphone* (Rivas et al., 2025).

Pengembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), khususnya dalam bidang pengolahan citra digital berbasis *Deep Learning*, menawarkan jawaban inovatif atas tantangan standarisasi tersebut. Dalam penelitian ini, model EfficientNet-B0 dipilih sebagai arsitektur utama karena keunggulan spesifiknya dalam menangani ekstraksi fitur pada dataset yang terbatas namun tetap menghasilkan akurasi

yang tinggi (Haider et al., 2024). Berbeda dengan model kecerdasan buatan tradisional yang sering kali membutuhkan daya komputasi yang sangat besar atau memiliki ukuran model yang membengkak, EfficientNet-B0 dioptimalkan melalui metode *compound scaling*. Metode ini secara cerdas menyeimbangkan kedalaman jaringan (*depth*), lebar jaringan (*width*), dan resolusi gambar masukan (*resolution*) secara seragam.

Keunggulan teknis dari EfficientNet-B0 terletak pada kemampuannya untuk mengenali pola tekstur mikroskopis dan gradasi warna yang halus pada permukaan biji kopi dengan beban komputasi yang minimal. Dengan jumlah parameter yang relatif sedikit (sekitar 5,3 juta parameter), model ini sangat ideal untuk diimplementasikan pada perangkat seluler tanpa menguras sumber daya baterai atau memerlukan perangkat keras tambahan. Hal ini sangat relevan dengan kebutuhan praktis di lapangan, di mana pengguna hanya perlu mengambil foto biji kopi dan mendapatkan hasil klasifikasi yang objektif dalam hitungan detik. Penggunaan model yang efisien ini memastikan bahwa teknologi canggih tidak lagi terbatas pada laboratorium besar, melainkan dapat digunakan oleh petani di kebun maupun pemilik kafe di meja bar mereka.

Lebih lanjut, penelitian ini menerapkan pendekatan klasifikasi bertingkat atau yang dikenal dengan istilah *Cascade Classification*. Alasan pemilihan metode ini didasarkan pada pengamatan terhadap karakteristik alami biji kopi yang bersifat hierarkis. Secara teknis, sangat krusial untuk menentukan jenis biji kopi (varietas) terlebih dahulu sebelum melangkah ke penentuan tingkat sangrainya. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa setiap jenis biji, baik itu Arabika, Robusta, Liberika, maupun Ekselsa, memiliki karakteristik fisik, kepadatan seluler, dan kadar gula yang berbeda-beda. Implementasi arsitektur bertingkat ini sejalan dengan prinsip dekomposisi tugas klasifikasi *coarse-to-fine*, yang telah terbukti secara efektif mampu mengatasi ambiguitas pada objek dengan kemiripan visual yang tinggi melalui penyelesaian masalah di setiap level hierarki secara terstruktur (Borovyk et al., 2025). Perbedaan fisik ini menyebabkan setiap jenis biji memberikan respon warna yang unik terhadap suhu panas saat disangrai. Sebagai contoh, biji Robusta yang lebih padat

mungkin menunjukkan warna yang berbeda dengan Arabika meskipun disangrai pada suhu yang sama. Dengan menggunakan metode *cascade*, sistem akan bekerja secara terstruktur: tahap pertama membedakan jenis bijinya, lalu tahap kedua menggunakan model yang lebih spesifik untuk menentukan tingkat sangrai berdasarkan jenis tersebut. Strategi ini terbukti lebih efektif dalam mengurangi tingkat kesalahan klasifikasi (*misclassification rate*) dibandingkan jika sistem dipaksa untuk mengenali semua kombinasi jenis dan sangrai secara sekaligus dalam satu tahap.

Dukungan terhadap pengembangan teknologi ini juga diperkuat oleh urgensi transformasi digital dalam mendukung praktik ekonomi hijau dan keberlanjutan sektor perkebunan kopi di Indonesia (Ulya et al., 2023). Integrasi antara pengolahan citra digital dengan kecerdasan buatan bukan sekadar tren teknologi, melainkan langkah nyata dalam mendigitalisasi sektor agrikultur guna meningkatkan daya saing nasional. Optimasi model *Deep Learning* yang ringan dan efisien merupakan kunci utama untuk mendemokratisasi teknologi bagi seluruh lapisan masyarakat. Dengan adanya standarisasi digital yang objektif, ketahanan ekonomi petani kecil dapat diperkuat karena mereka memiliki instrumen valid untuk membuktikan kualitas produk mereka di hadapan pembeli, sehingga meminimalisir praktik tengkulak yang sering kali memanfaatkan ketidaktahuan petani mengenai mutu kopi mereka sendiri (Duffy et al., 2021). Secara keseluruhan, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menciptakan sebuah model matematis atau aplikasi seluler yang cerdas, tetapi juga untuk memberikan kontribusi nyata bagi ekosistem industri kopi nasional yang lebih sehat dan transparan. Melalui sistem klasifikasi yang objektif dan mudah diakses, diharapkan tidak ada lagi ketidakpastian dalam penentuan jenis dan kualitas kopi di pasar lokal maupun internasional. Petani dapat memposisikan produknya dengan harga yang lebih adil sesuai dengan standar mutu yang sebenarnya, pelaku usaha sangrai dapat menjaga reputasi melalui konsistensi produk, dan konsumen akhir dapat mendapatkan informasi yang jujur mengenai kopi yang mereka konsumsi sehari-hari. Melalui judul "KLASIFIKASI *CASCADE* JENIS DAN TINGKAT SANGRAI BIJI KOPI BERBASIS CITRA MENGGUNAKAN EFFICIENTNET-B0", penelitian ini

berupaya menjawab tantangan zaman dengan menyatukan kearifan lokal produk kopi Indonesia dengan kemajuan teknologi kecerdasan buatan yang tepat guna dan aplikatif.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Permasalahan

Identifikasi komoditas kopi yang akurat merupakan aspek krusial dalam menjaga kualitas serta nilai ekonomi produk di industri kopi. Kondisi ideal yang diharapkan adalah adanya sebuah sistem visi komputer yang mampu mengenali varietas biji kopi dan tingkat kematangan sangrai secara presisi dalam berbagai kondisi visual. Namun pada kenyataannya, terdapat kompleksitas fitur visual yang bersifat hierarkis. Atribut varietas seperti Arabika, Robusta, Liberika, dan Ekselsa sering kali terdistorsi oleh perubahan warna ekstrem akibat proses penyangraian.

Masalah utama muncul pada penggunaan model klasifikasi tunggal atau *flat classification*. Kemiripan tekstur dan warna antara jenis kopi yang berbeda pada tingkat sangrai yang sama, terutama pada tingkat sangrai gelap, sering kali menyebabkan kesalahan identifikasi yang signifikan. Hal ini diperparah oleh keterbatasan arsitektur *Convolutional Neural Networks* (CNN) konvensional yang cenderung memiliki jumlah parameter besar sehingga kurang optimal dalam menangkap korelasi fitur tanpa menguras sumber daya komputasi yang tinggi. Oleh karena itu, terdapat kesenjangan antara kebutuhan akan sistem yang akurat dan ringan dengan keterbatasan model saat ini dalam menangkap detail fitur yang tumpang tindih.

1.2.2 Solusi Permasalahan

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan model EfficientNet-B0 dengan pendekatan klasifikasi *cascade* atau bertingkat. Solusi ini dilakukan dengan membangun dua model inferensi terpisah yang bekerja secara berurutan dalam satu alur kerja yang terstruktur. Sistem melakukan tahap prapemrosesan citra yang krusial menggunakan metode *Otsu's Threshold* untuk melokalisasi objek biji kopi secara

presisi serta *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) untuk menormalisasi pencahayaan dan mempertajam detail tekstur permukaan biji.

Tahap selanjutnya adalah klasifikasi jenis untuk mengisolasi fitur morfologi varietas kopi. Hasil dari tahap pertama ini kemudian diteruskan ke tahap klasifikasi *roast level*. Pada tahap tersebut, model memprediksi tingkat kematangan berdasarkan konteks jenis biji yang telah diketahui sebelumnya. Penggunaan EfficientNet-B0 dipilih karena keunggulannya dalam metode *compound scaling* yang menyeimbangkan kedalaman, lebar, dan resolusi jaringan secara optimal. Arsitektur ini jauh lebih efisien dibandingkan model CNN tradisional karena mampu menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dengan jumlah parameter yang relatif sedikit sehingga sangat ideal untuk diimplementasikan pada perangkat mobile.

1.2.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan diatas, maka pertanyaan penelitian ini adalah bagaimana performa EfficientNet-B0 dalam melakukan klasifikasi jenis biji kopi dan tingkat penyangraiannya dalam sistem klasifikasi *cascade* yang diusulkan?

1.3 Tujuan dan Manfaat

A. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengukur dan mengevaluasi sejauh mana implementasi alur klasifikasi bertingkat (*Inference Cascade*) dapat meningkatkan akurasi dalam membedakan varietas jenis biji kopi serta tingkat penyangraiannya dibandingkan dengan metode klasifikasi tunggal.
2. Membangun sistem klasifikasi bertingkat (*Cascade Inference*) untuk memisahkan identifikasi jenis kopi serta tingkat penyangraian secara

berurutan, guna mengatasi masalah kemiripan visual antar varietas (*Inter-class Similarity*) yang sering muncul akibat perubahan warna pada tingkat sangrai yang sama.

B. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Industri Kopi (Khususnya UMKM): Penelitian ini memberikan solusi teknologi yang efisien dan praktis untuk kontrol kualitas (*Quality Control*) secara mandiri. Karena menggunakan model EfficientNet-B0 yang memiliki parameter minimal (sekitar 5,3 juta parameter), sistem ini sangat aplikatif untuk diimplementasikan ke dalam aplikasi *smartphone*. Hal ini memungkinkan petani atau pemilik *roastery* kecil melakukan sortir biji kopi secara objektif tanpa harus berinvestasi pada alat laboratorium yang mahal.
2. Bagi Ilmu Pengetahuan: Penelitian ini memberikan kontribusi pada bidang *Computer Vision* dan *deep learning*, khususnya dalam penerapan model dengan arsitektur yang dioptimalkan (*efficient-scaled network*) untuk klasifikasi objek agrikultur dengan kategori yang sangat mirip (*fine-grained classification*). Selain itu, penelitian ini memperkaya literatur mengenai efektivitas metode *cascade* dalam menangani label multidimensi (jenis dan tingkat sangrai) pada sistem yang mengutamakan kecepatan dan akurasi tinggi.
3. Bagi Peneliti Selanjutnya: Hasil penelitian ini dapat menjadi *baseline* bagi pengembangan sistem klasifikasi komoditas perkebunan lainnya yang mengutamakan portabilitas. Dokumentasi mengenai penggunaan EfficientNet-B0 yang dikombinasikan dengan teknik CLAHE, *Otsu's Threshold*, dan skema inferensi bertingkat ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi aplikasi mobile utuh.
4. Bagi Penulis: Penelitian ini bermanfaat untuk menerapkan prinsip-prinsip teknik informatika dalam memecahkan masalah nyata di sektor pertanian

Indonesia. Melalui penelitian ini, penulis memperoleh pemahaman mendalam mengenai optimasi model *deep learning*, teknik pengolahan citra tingkat lanjut menggunakan pustaka *PyTorch* dan *timm*, serta implementasi logika inferensi kompleks untuk menangani 16 kombinasi kelas secara akurat.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada tujuan yang telah ditetapkan, maka diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. **Arsitektur Model:** Penelitian ini secara khusus menggunakan arsitektur EfficientNet-B0 sebagai ekstraktor fitur utama. Pemilihan varian B0 didasarkan pada efisiensi metode *compound scaling* yang memberikan keseimbangan optimal antara akurasi dan penggunaan sumber daya, sehingga model tetap ringan untuk dijalankan pada perangkat dengan spesifikasi terbatas seperti smartphone.
2. **Resolusi Input:** Seluruh citra biji kopi yang dimasukkan ke dalam model diseragamkan menjadi resolusi 224 x 224 piksel, sesuai dengan standar input layer EfficientNet-B0 untuk menjaga konsistensi ekstraksi fitur spasial pada seluruh dataset.
3. **Kategori Klasifikasi (Label):**
 - **Jenis (*Type*):** Terdiri dari 4 kelas, yaitu Arabika, Robusta, Ekselsa, dan Liberika.
 - **Tingkat Sangrai (*Roast Level*):** Terdiri dari 4 kelas, yaitu *Green* (Mentah), *Light*, *Medium*, dan *Dark*.
 - **Total Kombinasi:** Sistem menangani total 16 kombinasi label unik.
4. **Metodologi Inferensi:** Sistem mengimplementasikan metode *Cascade Inference* menggunakan dua model yang terpisah. Model pertama (model jenis) melakukan prediksi varietas kopi, kemudian hasilnya diteruskan secara

sekuensial ke model kedua (model *roast*) untuk memprediksi tingkat penyangraian pada citra yang sama.

5. Preprocessing yang dilakukan meliputi:

- *Otsu's Threshold*: Sistem menggunakan teknik segmentasi dengan metode *Otsu's Threshold* untuk mengisolasi objek biji kopi dan mereduksi gangguan latar belakang pada area tepi citra.
- *CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)*: Mengimplementasikan metode CLAHE untuk meningkatkan kontras lokal dan memperjelas detail tekstur mikroskopis pada permukaan biji kopi sebelum dilakukan ekstraksi fitur.
- *Normalisasi*: Data citra dinormalisasi menggunakan standar *ImageNet* (mean dan *standard deviation* spesifik) melalui pustaka *PyTorch* untuk mempercepat konvergensi saat pelatihan.

6. *Augmentasi Data*: Augmentasi dilakukan secara *on-the-fly*. Transformasi meliputi *RandomResizedCrop* (skala 0.9 hingga 1.0) dan *RandomHorizontalFlip* untuk meningkatkan variabilitas dataset dan mencegah *overfitting* tanpa mengubah informasi warna esensial.

7. *Pembagian Dataset*: Dataset dibagi menjadi tiga bagian independen menggunakan metode *stratified sampling* untuk menjaga distribusi kelas: 70% Data Pelatihan (*Training*), 10% Data Validasi (*Validation*), dan 20% Data Pengujian (*Testing*).

8. *Output Sistem*: Hasil akhir penelitian ditampilkan dalam bentuk label teks gabungan (*Concatenation*) antara prediksi jenis dan tingkat sangrai, nilai tingkat kepercayaan (*Confidence Score*), serta visualisasi matriks evaluasi (*Confusion Matrix*) untuk mengukur performa model pada keseluruhan 16 kombinasi kelas

1.5 Sistematika Penulisan

Proposal penelitian ini disusun dengan sistematika penulisan yang terdiri dari tiga bab utama, yaitu sebagai berikut:

Bab I: Pendahuluan Bab ini berfungsi sebagai pengantar yang menguraikan konteks fundamental penelitian. Pembahasan mencakup latar belakang mengenai urgensi klasifikasi varietas kopi (Arabika, Robusta, Liberika, dan Ekselsa) serta tingkat penyangraian di Indonesia menggunakan teknologi yang efisien secara komputasi untuk perangkat seluler. Selain itu, bab ini merumuskan masalah yang berfokus pada ambiguitas visual biji kopi pada tingkat sangrai yang sama (*inter-class similarity*), menetapkan tujuan serta manfaat penelitian bagi industri UMKM, menentukan batasan masalah agar riset tetap fokus pada penggunaan arsitektur EfficientNet-B0, serta memaparkan sistematika penulisan.

Bab II: Tinjauan Pustaka Bab ini menyajikan landasan teoretis dan studi literatur yang mendukung penelitian. Materi yang dibahas meliputi karakteristik fisik empat varietas biji kopi utama, transformasi kimiawi selama proses penyangraian dari kondisi mentah (*green*) hingga gelap (*dark*), serta konsep dasar visi komputer. Fokus utama bab ini adalah pembahasan mengenai mekanisme *deep learning* menggunakan arsitektur EfficientNet-B0 yang mengandalkan metode *compound scaling* (keseimbangan antara kedalaman, lebar, dan resolusi jaringan) serta penggunaan blok MBConv sebagai ekstraktor fitur yang efisien. Selain itu, bab ini membahas strategi Klasifikasi *Cascade* dan mengulas penelitian mutakhir (2021-2026) terkait pengolahan citra agrikultur untuk memvalidasi kebaruan (*novelty*) penelitian.

Bab III: Metodologi Penelitian Bab ini menjelaskan rancangan teknis dan prosedur penelitian untuk menjawab pertanyaan penelitian. Uraian mencakup deskripsi dataset biji kopi dengan 16 kombinasi label dan tahapan prapemrosesan citra yang meliputi teknik *Otsu's Threshold* untuk isolasi objek serta CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*) untuk penguatan detail tekstur permukaan biji. Penjelasan teknis meliputi perancangan alur *Cascade Inference* yang memisahkan model klasifikasi jenis dan model tingkat sangrai secara sekuensial menggunakan *PyTorch*

dan *timm*. Bab ini juga mendetailkan skenario pelatihan model dengan pembagian data 70:10:20 (*Train, Validation, Test*), penggunaan augmentasi data melalui pustaka *torchvision.transforms*, serta metrik evaluasi yang mencakup *Accuracy, Confusion Matrix* 16 kelas, dan perhitungan *Confidence Score* untuk mengukur tingkat kepercayaan sistem dalam membedakan setiap kelas kopi secara akurat.

BAB IV: Hasil dan Pembahasan Bab ini berisi pembahasan mengenai implementasi sistem berdasarkan perancangan yang telah disusun pada bab sebelumnya. Selain menjelaskan proses pengembangan ke dalam kode program, bab ini juga menyajikan hasil pengujian sistem beserta analisis terhadap hasil yang diperoleh selama proses penelitian.

BAB V: Kesimpulan dan Saran Bab ini menguraikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian, serta menyampaikan saran yang diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan sistem maupun penelitian selanjutnya.