

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

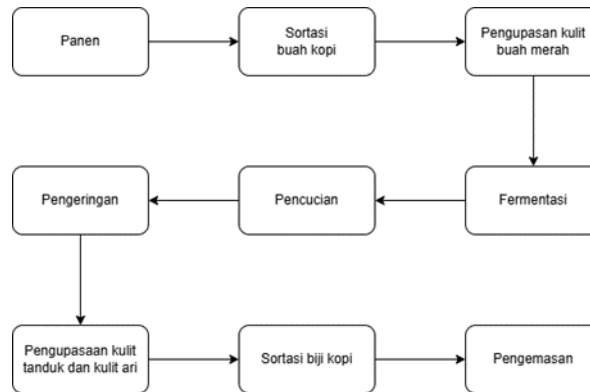
2.1 Landasan Teori

2.1.1 Kopi

Kopi merupakan salah satu minuman dengan efek farmakologis yang aktif dan paling banyak dikonsumsi di seluruh dunia. Tingginya minat terhadap kopi menjadikannya sebagai komoditas pangan yang penting dari sisi ekonomi. Meskipun konsumsi kopi sering dikaitkan dengan dampak negatif terhadap kesehatan akibat efek stimulan dan kandungan kafeinnya, kopi juga mengandung berbagai senyawa bioaktif dan antioksidan yang berpotensi memberikan manfaat bagi tubuh. Kopi diketahui memiliki efek perlindungan terhadap berbagai sistem dalam tubuh, termasuk sistem rangka, sistem reproduksi, sistem saraf, dan sistem kardiovaskular. Efek tersebut berkaitan dengan kandungan fitokimia, kafein, polifenol, dan alkaloid yang terdapat dalam kopi.

Selain kandungan dan manfaatnya, kualitas kopi dipengaruhi oleh proses pengolahan buah kopi pasca panen. Proses pengolahan biji kopi terbagi menjadi dua tahap utama, yaitu pengolahan primer dan pengolahan sekunder. Pengolahan primer berfokus pada tahap menghasilkan biji kopi hijau, sedangkan pengolahan sekunder berfokus pada produksi akhir kopi yang telah melalui tahap pemanggangan dan pembuatan kopi instan (Franca & Oliveira, 2016).

Pada tahap pengolahan primer, buah kopi yang telah dipanen dapat diolah menggunakan metode olah kering maupun metode olah basah. Pada metode olah kering, buah kopi yang sudah dipanen dikeringkan hingga kadarnya airnya menurun, kemudian kulit buah dan bagian lainnya dipisahkan secara mekanisme menggunakan mesin pengupas. Sementara pada metode olah basah dilakukan beberapa tahapan seperti fermentasi, pencucian pengeringan, dan sortasi. Metode olah basah umumnya dilakukan untuk menghasilkan biji kopi dengan mutu yang lebih baik karena proses pengolahan dan pemisahan biji dilakukan secara lebih terkontrol (Novita dkk., 2019). Berikut gambar 2.1 yang menggambarkan alur proses pengolahan buah kopi.



Gambar 2.1 Proses Pengolahan Biji Kopi

Setelah melalui proses pengolahan, mutu biji kopi perlu dinilai berdasarkan standar yang telah ditetapkan. Standar mutu biji kopi digunakan sebagai acuan dalam memastikan kualitas biji kopi, baik dari segi karakteristik fisik maupun mutu produk yang dihasilkan. Standar tersebut antara lain mengacu pada ketentuan *International Coffee Organization* (ICO) dan Standar Nasional Indonesia (SNI) (Sri Mulato, 2018).



Gambar 2.2 Peringkat Mutu Biji Kopi

Terdapat beberapa jenis biji yang memiliki karakteristik fisik berbeda. Perbedaan tersebut dapat dilihat berdasarkan bentuk, ukuran, dan warna biji kopi. Pada penelitian ini, jenis biji kopi yang digunakan terdiri dari *defect*, *longberry*, *peaberry*, dan *premium* (Febriana dkk., 2022a).

1) *Longberry*

Longberry memiliki karakteristik bentuk yang relatif panjang dan berukuran lebih besar dibandingkan jenis biji kopi lainnya. Selain bentuknya, *longberry* juga memiliki warna hijau yang cenderung lebih terang.



Gambar 2.3 Biji Kopi *Longberry*

2) *Peaberry*

Peaberry merupakan jenis biji kopi yang memiliki karakteristik fisik yang berbeda dari biji kopi pada umumnya. Biji berukuran relatif lebih kecil, berbentuk bulat, dan memiliki struktur yang lebih padat.



Gambar 2.4 Biji Kopi *Peaberry*

3) *Premium*

Premium secara fisik memiliki warna hijau kebiruan dengan bentuk yang relatif bulat dan ukuran yang lebih besar.



Gambar 2.5 Biji Kopi *Peaberry*

4) *Defect*

Biji kopi *defect* merupakan biji yang mengalami kerusakan atau cacat akibat proses pengolahan yang kurang baik maupun faktor eksternal, seperti serangga atau hewan. Biji kopi *defect* dapat dikenali melalui kondisi fisiknya yang tidak sempurna, seperti bentuk yang tidak utuh, berongga dan pecah. Karakteristik tersebut membedakan biji *defect* dari biji kopi yang memiliki kualitas dan kondisi yang baik.



Gambar 2.6 Biji Kopi *Defect*

Dalam penelitian ini pemilahan biji kopi diutamakan pada ciri visualnya, yaitu dari segi bentuk, warna, dan tekstur menggunakan model MobileNet-V2. Sistem klasifikasi ini bisa membantu para produsen kopi dalam memilah biji kopi dengan lebih cepat dan konsisten untuk menjaga kualitas produk kopi.

2.1.2 Deep Learning

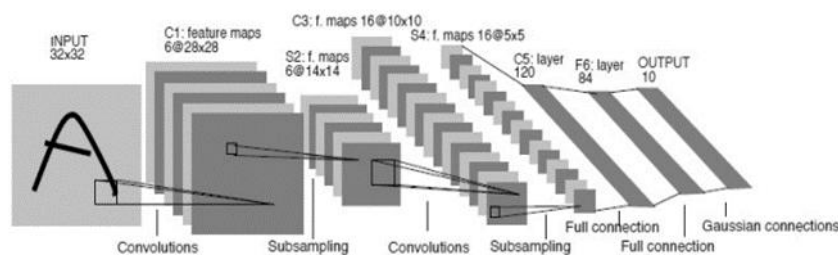
Deep Learning adalah cabang dari *Machine Learning* yang menggunakan jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network*) dengan banyak lapisan tersembunyi (*hidden layer*) untuk memodelkan pola dan hubungan kompleks dalam data (Deng & Yu, 2014). Teknologi ini telah berkembang pesat sejak 2006, terutama dalam bidang *computer vision*, pemrosesan bahasa alami dan pengenalan pola dengan aplikasi luas diberbagai industri.

Keunggulan *Deep Learning* dalam klasifikasi biji kopi telah dibuktikan dalam penelitian (Amtate 2022), dimana metode ini digunakan untuk mengklasifikasi biji kopi *Ethiopia* dengan *dataset* sebanyak 9.836 gambar, dan menunjukkan hasil yang sangat efektif.

Dalam penelitian ini *Deep Learning* digunakan untuk mengklasifikasi biji kopi berdasarkan karakteristik visualnya. Teknologi ini memungkinkan seleksi fitur otomatis dari gambar biji kopi, sehingga meningkatkan akurasi klasifikasi dibandingkan metode tradisional yang masih mengandalkan seleksi secara manual.

2.1.3 Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) adalah arsitektur dalam *Deep Learning* yang dirancang khusus untuk menangani data berbentuk *grid*, seperti gambar dan video. CNN menggunakan operasi konvolusi untuk mengekstrak fitur dari gambar, memungkinkan model untuk belajar pola visual secara otomatis tanpa perlu ekstraksi fitur manual (Deng & Yu, 2014).



Gambar 2.7 Arsitektur CNN

Lapisan pada *Convolutional Neural Network* (CNN) terdiri dari beberapa komponen, salah satunya adalah lapisan konvolusi. Lapisan ini menggunakan *filter* (kernel) untuk mengekstraksi fitur dari citra input. Setiap *filter* akan mempelajari

pola tertentu, seperti tepi, tekstur, atau bentuk objek. Setelah melewati lapisan konvolusi, hasilnya diteruskan ke fungsi aktivasi, biasanya ReLU (*Rectified Linear Unit*), yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan jaringan dalam mengenali pola-pola yang lebih kompleks. Selanjutnya, output dikirimkan ke *lapisan pooling*, yang berfungsi untuk mereduksi dimensi fitur, mempertahankan informasi penting, serta meningkatkan efisiensi komputasi dan mengurangi risiko *overfitting*. Lapisan terakhir pada CNN adalah *Fully Connected Layer*, yaitu lapisan yang menghubungkan seluruh *neuron* dan melakukan klasifikasi berdasarkan fitur-fitur yang telah diekstraksi sebelumnya.

Keunggulan CNN dalam klasifikasi citra telah dimanfaatkan dalam penelitian yang dilakukan oleh (Gope & Fukai, 2020a). Dalam penelitian tersebut, CNN digunakan untuk membedakan antara biji kopi jenis *peaberry* dan biji kopi normal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CNN memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan *Support Vector Machine* (SVM) dalam mengklasifikasi jenis kopi *peaberry*.

CNN dipilih dalam penelitian tersebut karena kemampuannya dalam mengenali pola visual pada biji kopi secara otomatis tanpa memerlukan proses ekstraksi fitur secara manual. Kemampuan ini memungkinkan peningkatan akurasi klasifikasi dibandingkan dengan metode tradisional.

2.1.4 MobileNet-V2

MobileNet-V2 merupakan arsitektur jaringan saraf tiruan (*deep neural network*) yang dirancang khusus untuk kebutuhan komputasi yang ringan dan efisien, terutama pada perangkat *mobile* dan sistem tertanam (*embedded systems*). Model ini merupakan pengembangan dari MobileNet-V1 yang pertama kali diperkenalkan oleh tim peneliti Google pada tahun 2017, kemudian disempurnakan menjadi MobileNet-V2 pada tahun 2018 (Sandler dkk., 2018).

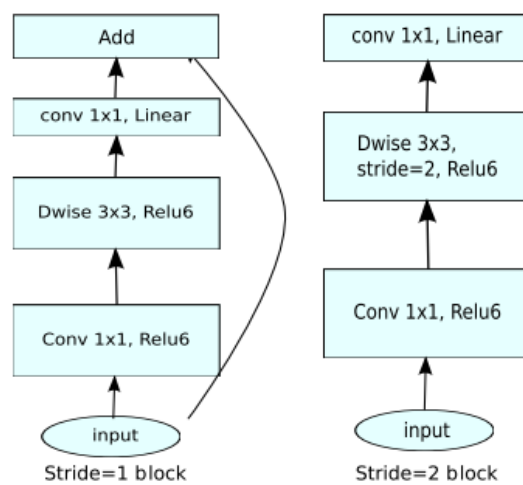
Keunggulan utama dari MobileNet-V2 terletak pada penggunaan *Depthwise Separable Convolution* (DSC), yang secara signifikan mengurangi jumlah parameter dan beban komputasi dibandingkan dengan konvolusi standar. Arsitektur ini mengandalkan dua jenis operasi konvolusi utama:

1) *Depthwise Convolution*

Setiap *filter* hanya diterapkan pada satu saluran (*channel*) input secara terpisah. Hal ini membuat pemrosesan fitur menjadi lebih efisien karena tidak terjadi interaksi atau pencampuran antarsaluran pada tahap ini.

2) *Pointwise Convolution (Conv 1x1)*

Menggabungkan hasil ekstraksi dari *depthwise convolution* antar saluran menggunakan konvolusi 1×1 . Tahap ini bertujuan menggabungkan variabel antar saluran sehingga didapatkan ekstraksi fitur yang optimal.



Gambar 2.8 Arsitektur MobileNet-V2

MobileNet-V2 menggunakan *depthwise separable convolution* berukuran 3×3 ($k = 3$), yang mampu menurunkan nilai komputasi hingga 8–9 kali lebih rendah dibandingkan dengan konvolusi standar, dengan hanya sedikit penurunan akurasi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Michael & Rusman, 2023) menunjukkan bahwa MobileNet-V2 mampu mengenali dan mengklasifikasikan biji kopi cacat dengan akurasi yang tinggi serta efisiensi komputasi yang baik. Dalam penelitian ini, MobileNet-V2 digunakan sebagai arsitektur model dalam sebagai bahan klasifikasi biji kopi.

2.1.5 Android Studio

Android merupakan sistem operasi *mobile* yang berbasis pada versi modifikasi dari kernel *Linux*. Awalnya dikembangkan oleh *Android, Inc.*, sistem operasi ini kemudian diakuisisi oleh Google untuk memperluas jangkauannya di pasar perangkat *mobile*. *Android* bersifat *open-source* dengan kode sumber yang dirilis di bawah Lisensi *Apache*, serta mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti Kotlin dan Java (DiMarzio, 2017).

Dalam penelitian ini, *Android Studio* digunakan sebagai *platform* utama untuk pengembangan aplikasi klasifikasi biji kopi. Dengan memanfaatkan fitur bawaan *Android Jetpack* dan *Machine Learning Kit*, aplikasi dapat dikembangkan secara efisien, dengan antarmuka pengguna yang responsif dan kompatibel dengan berbagai perangkat berbasis *Android*.

2.2 Penelitian Terdahulu

Kualitas kopi tidak hanya bergantung pada jenis dan metode penyeduhan, tetapi juga pada pemrosesan biji kopi itu sendiri. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas kopi adalah adanya cacat pada biji kopi yang dapat mengurangi cita rasa dan aroma kopi yang menjadi aspek penting dalam industri kopi untuk memastikan produk akhir yang optimal. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji jenis-jenis cacat yang umum terjadi pada biji kopi, serta pengaruhnya terhadap kualitas kopi. Salah satu standar internasional yang sering digunakan untuk mengklasifikasi cacat biji kopi adalah *ISO 10470-2004*, yang membagi cacat biji kopi menjadi beberapa kategori berdasarkan bentuk, warna dan faktor terkait buah kopi itu sendiri.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Muhlisin dkk., 2024), pengujian klasifikasi biji kopi dilakukan menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Aplikasi ini berhasil dirancang menggunakan model *Deep Learning*, serta mengimplementasikan dalam aplikasi berbasis *Android* akan tetapi penelitian ini hanya berfokus pada klasifikasi tingkat kematangan biji kopi yang telah dipanggang.

Menurut penelitian (Fukai dkk., 2018) algoritma CNN digunakan untuk mengimplementasi klasifikasi yang telah dilatih dengan melibatkan pengambilan

gambar, namun ukuran gambar sangat memengaruhi dalam waktu dan akurasi dalam melakukan klasifikasi. Dalam penelitian ini model yang dilatih dianggap tidak realistis dikarenakan keterbatasan dalam perangkat yang digunakan.

Menurut (Janandi & Cenggoro, 2020) membandingkan arsitektur pada algoritma CNN yang digunakan pada sistem untuk klasifikasi kualitas biji kopi dengan menggunakan arsitektur ResNet-152 menunjukkan akurasi hingga 73,3% dengan menggunakan jumlah dataset yang bervariasi. Namun pada penelitian ini tidak disebutkan dengan spesifik apakah biji kopi yang digunakan melalui proses roasting atau tidak.

Menurut (Gope & Fukai, 2020) penelitian yang dilakukan membandingkan klasifikasi biji kopi dengan algoritma CNN dan SVM linier pada komputer desktop menunjukkan algoritma dengan akurasi yang terbaik adalah menggunakan CNN tanpa dipengaruhi ukuran gambar. Namun penelitian ini tidak memberikan secara rinci mengenai arsitektur yang sedang digunakan.

Menurut (Febriana dkk., 2022) penelitian tersebut menerapkan pendekatan *Deep Learning* sebagai dasar untuk mengklasifikasi dan sortir biji kopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MobileNet-V2 memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan ResNet-18, dengan akurasi sebesar 81,31%. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Deep Learning* memiliki kemampuan dalam melakukan klasifikasi biji kopi hijau berdasarkan karakteristik visualnya. Namun masih terdapat peluang untuk meningkatkan performa klasifikasi melalui teknik augmentasi data yang berbeda untuk menghasilkan model klasifikasi biji kopi dengan akurasi yang lebih baik.

Berikut adalah tabel 2.1 yang berisi perbandingan penelitian terdahulu terkait klasifikasi biji kopi:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Model	Jumlah Dataset	Akr (%)	Hasil	GAP
(Lee & Jeong, 2022a)	CNN	1.813 Gambar Jumlah: 2 Kelas	91%	CNN efektif untuk mendeteksi cacat pada biji kopi, dengan hasil deteksi dan	Membutuhkan banyak data biji kopi yang cacat untuk memiliki kualitas pada kinerja.

Peneliti	Model	Jumlah Dataset	Akr (%)	Hasil	GAP
				klasifikasi yang baik.	
(Muhlisin dkk., 2024a)	ResNet-50	900 Gambar Jumlah: 3 Kelas	83%	Arsitektur ResNet-50 dapat menghasilkan aplikasi yang efektif untuk klasifikasi tingkat kematangan biji kopi setelah dipanggang.	Memerlukan evaluasi terhadap rencana meningkatkan akurasi dalam pengolahan data secara <i>real-time</i> serta perancangan umpan balik pengguna, dengan mempertahankan model yang digunakan.
(Janandi & Cenggoro, 2020a)	ResNet-152	160 Gambar Jumlah: 3 Kelas	73%	ResNet-152 mampu memberikan akurasi terbaik dalam mengklasifikasi kualitas biji kopi dibandingkan VGG-16.	Membutuhkan evaluasi dalam perbandingan model lain guna pengaruh terhadap <i>vanishing gradient</i> dalam kontek klasifikasi biji kopi.
(Gope & Fukai, 2020a)	CNN	3.338 Gambar Jumlah: 2 Kelas	97%	Penggunaan CNN untuk seleksi biji kopi normal dan <i>peaberry</i> adalah metode yang efektif, dengan hasil yang lebih baik dibandingkan SVM.	Hasil akurasi masih berdasarkan data bentuk dan ukuran.
(Fukai dkk., 2018a)	CNN	16.444 Gambar Jumlah: 5 Kelas	90%	CNN efektif untuk klasifikasi biji kopi cacat dengan akuarasi tinggi dan dapat diimplementasikan pada <i>Raspberry Pi</i> .	Keterbatasan data cacat, pengaruh gambar dan keterbatasan perangkat kamera perlu diatasi untuk meningkatkan kinerja sistem.

Peneliti	Model	Jumlah Dataset	Akr (%)	Hasil	GAP
(Febriana dkk., 2022a)	MobileNet-V2	8.000 Gambar Jumlah: 4 Kelas	81,31%	MobileNet-V2 menunjukkan performa yang lebih baik dalam melakukan klasifikasi biji kopi hijau	Peningkatan akurasi melalui teknik augmentasi data yang berbeda.

Berdasarkan referensi dari penelitian terdahulu yang sudah dilakukan, perbandingan penelitian yang dilakukan saat ini terletak pada bagian jumlah gambar, kelas dan teknik augmentasi yang berbeda. Penerapan integrasi yang dilakukan juga menerapkan pada perangkat *mobile* dengan arsitektur MobileNet-V2 sehingga memudahkan dalam implementasinya.