

Rancang Bangun *Website* Klasifikasi *Grade* Biji Kopi untuk Implementasi Model CNN menggunakan Metode *Agile* (Studi Kasus: Kopi Robusta Temanggung)

1st Pratiwi Hasiany Celline Dyah Manurung
Fakultas Informatika
Telkom University
Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia
tiwihcdm@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Lulu Latif Usman
Fakultas Informatika
Telkom University
Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia
muhlulu@telkomuniversity.ac.id

3rd Gunawan Wibisono
Fakultas Informatika
Telkom University
Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia
gunawanw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Industri kopi di Indonesia, khususnya kopi Temanggung, memiliki potensi untuk bersaing di pasar domestik hingga ekspor. Salah satu tahapan penting dalam pengolahan pascapanen adalah proses *grading* biji kopi, yang umumnya masih dilakukan secara manual sehingga memakan waktu dan berisiko inkonsistensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *website* klasifikasi *grade* biji kopi robusta Temanggung dengan memanfaatkan model *Convolutional Neural Network* (CNN). *Website* dikembangkan menggunakan *framework Streamlit* dengan metode *Agile*. Pengujian dilakukan menggunakan metode *black-box testing* sebanyak dua kali iterasi, dengan tingkat keberhasilan 93,62% pada iterasi pertama dan 95,45% pada iterasi kedua. Validasi akurasi prediksi model juga dilakukan menggunakan data latih, data valid, dan data eksternal, menghasilkan akurasi masing-masing sebesar 98,89%, 52,22%, dan 56,67%. Hasil validasi akurasi menunjukkan bahwa model kemungkinan mengalami *overfitting* yang disebabkan oleh terbatasnya jumlah dan variasi data latih, maka diperlukan penambahan jumlah dan perluasan variasi data latih untuk mengurangi risiko *overfitting*. Secara keseluruhan, sistem telah berhasil dibangun dan mampu menjalankan fungsinya seperti klasifikasi biji kopi, menampilkan hasil prediksi dan *confidence*, serta menyimpan riwayat klasifikasi.

Kata kunci—klasifikasi kopi, *website*, *streamlit*, *convolutional neural network* (CNN), *black-box testing*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan sumber daya alam terbanyak di dunia [1]. Sumber daya alam di Indonesia terbagi ke dalam beberapa sektor utama, seperti pertanian dan perkebunan, perikanan, pertambangan dan energi, serta kehutanan [2]. Dari sub sektor perkebunan, kopi merupakan satu dari banyak komoditas lain yang menghasilkan devisa terbesar keempat untuk Indonesia sesudah minyak sawit, karet, dan kakao [3]. Salah satu jenis kopi yang memiliki potensi keunggulan untuk bersaing di skala domestik hingga ekspor tersebut adalah kopi Temanggung [4]. Dalam proses produksi kopi, pengolahan pascapanen seperti *grading* biji kopi berperan penting dalam menentukan kualitas dan harga jual produk [5].

Latar Belakang

Saat ini, proses *grading* umumnya masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan pengamatan visual terhadap bentuk, ukuran, dan warna biji kopi. Karena itu, proses *grading* manual memiliki keterbatasan, terutama dari segi konsistensi dan dokumentasi [5]. Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem klasifikasi berbasis pengolahan citra digital dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu verifikasi visual terhadap *grade* biji kopi. Saat ini, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan dalam klasifikasi citra objek, seperti *Convolutional Neural Network* (CNN). Salah satu arsitekturnya adalah VGG-16 yang memiliki model jaringan saraf konvolusi dengan 16 lapisan berbobot. Penggunaan CNN dengan arsitektur VGG-16 merupakan salah satu metode yang sesuai untuk klasifikasi biji kopi karna dapat mengekstrak fitur tekstur, bentuk, dan warna dengan akurasi tinggi [6].

Akan tetapi, agar model klasifikasi biji kopi Robusta Temanggung yang dibangun dapat digunakan, diperlukan implementasi model ke dalam bentuk antarmuka, seperti *website* untuk memvisualisasikan proses klasifikasi dengan cara yang mudah dipahami, sehingga dapat diakses dan dimanfaatkan oleh berbagai pihak, termasuk individu tanpa latar belakang teknis [7]. Dalam pengembangan sebuah *website*, diperlukan sebuah siklus pengembangan guna mengatur proses pembuatan, pengembangan, pengujian, dan pemeliharaan perangkat lunak secara efisien dan terstruktur [8]. Pada proses pengembangan perangkat lunak dengan jangka waktu singkat dan menuntut adaptasi cepat terhadap setiap perubahan, model SDLC yang paling sesuai untuk digunakan adalah *Agile Development* [9]. *Agile development* merupakan metode pengembangan perangkat lunak berbasis iterasi atau perulangan, yang dikembangkan secara bertahap dan memungkinkan pengembang untuk kembali ke tahap sebelumnya bila diperlukan perubahan [10]. Dengan menggunakan *agile development*, perangkat lunak yang dibangun dapat terselesaikan secara singkat dengan kualitas yang teruji [11]. Adapun *framework* yang digunakan untuk mengembangkan *website* adalah *streamlit*. *Streamlit* merupakan sebuah *framework open-source* berbasis *python* yang dirancang untuk kebutuhan *data science* dan *machine learning*, yang didukung dengan visualisasi interaktif dan kemudahan dalam *deployment* [12]. Dengan format yang

praktis, *Streamlit* memungkinkan pengembangan *website* yang mendukung analisis dan interpretasi data secara mudah.

Topik dan Batasannya

Penelitian ini berfokus pada implementasi model klasifikasi *grade* biji kopi robusta Temanggung ke dalam bentuk *website* dengan metode *agile* menggunakan *framework Streamlit*. Model CNN yang digunakan merupakan model yang telah dilatih sebelumnya menggunakan arsitektur VGG-16. Dalam proses pengembangannya, penelitian ini memiliki beberapa batasan. Sistem hanya dapat melakukan klasifikasi terhadap satu biji kopi tunggal dalam satu gambar dengan latar belakang polos. Sistem juga belum mendukung deteksi otomatis dari kamera secara *real-time* dan belum dilengkapi fitur deteksi objek. Selain itu, model yang digunakan bersifat statis dan belum mendukung pelatihan ulang dari data baru. Pengembangan sistem dibatasi menggunakan *framework Streamlit* agar lebih efisien dalam hal kecepatan dan kemudahan pengembangan *website*. Batasan-batasan ini ditetapkan menyesuaikan dengan lingkup pengerjaan dan waktu yang tersedia. Meskipun fokus utama berada pada proses implementasi model, dilakukan juga evaluasi akurasi model dalam memberikan prediksi dan pemberian saran pengembangan berdasarkan hasil yang diperoleh.

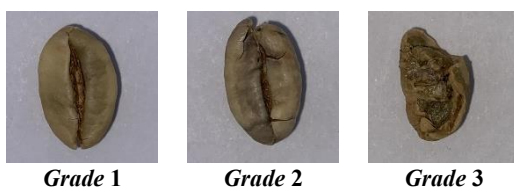
Tujuan

Penelitian ini memiliki dua tujuan utama. Pertama, merancang dan membangun *website* klasifikasi *grade* biji kopi robusta Temanggung menggunakan pendekatan pengembangan perangkat lunak berbasis *Agile*. Kedua, mengimplementasikan model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang telah dilatih sebelumnya ke dalam sistem berbasis web menggunakan *framework Streamlit*. Untuk pengujian terhadap proses pengembangan *website*, digunakan metode *black-box testing* guna mengevaluasi apakah seluruh fitur berjalan sesuai dengan fungsinya. Sementara itu, untuk pengujian terhadap proses implementasi model, dilakukan validasi akurasi menggunakan data latih, data valid, dan data eksternal.

II. KAJIAN TEORI

A. Biji Kopi Robusta Temanggung

Salah satu daerah produsen kopi robusta yang terkenal adalah kabupaten Temanggung di Provinsi Jawa Tengah [4]. Kopi Temanggung memiliki aroma dan rasa khas yang membuatnya unggul dan mampu bersaing di pasar domestik bahkan internasional [13]. Keunikan kopi tersebut juga telah diakui sebagai Kekayaan Intelektual (KI) berupa Identifikasi Geografis (IG) oleh Kementerian Hukum dan HAM Republik Indonesia pada tanggal 6 Desember 2016 [14].



GAMBAR 1
Gambar *Grade* Biji Kopi Robusta

Dari Gambar 1, dapat dilihat contoh visual dari biji kopi robusta Temanggung berdasarkan pembagian *grade*. Dalam klasifikasinya, biji kopi dibagi menjadi tiga *grade* utama, yaitu *grade 1*, *grade 2*, dan *grade 3*. *Grade 1* memiliki karakteristik biji utuh dengan ukuran rata-rata minimal 7 mm, kadar air maksimal 13.5%, serta jumlah cacat (*defect*) sangat rendah, yaitu antara 0–1%. *Grade* ini umumnya menunjukkan kualitas tertinggi. *Grade 2* memiliki ukuran rata-rata biji minimal 6 mm, kadar air maksimal tetap sama yaitu 13.5%, namun dengan toleransi *defect* yang lebih tinggi, yaitu sekitar 7–10%. Sementara itu, *grade 3* menunjukkan kualitas paling rendah, dengan bentuk biji yang tidak beraturan, kadar air yang tidak stabil, dan jumlah *defect* lebih dari 10% bahkan bisa melebihi 50%.

B. Agile Methodology

Agile merupakan salah satu metode dari banyak pendekatan dalam pengembangan perangkat lunak. *Agile* merupakan sebuah metode yang dirancang untuk memberikan fleksibilitas dalam proses pengembangan perangkat lunak [15]. Kerangka kerja dari proses pengembangan perangkat lunak dengan metode *agile* dimulai dari fase perencanaan awal dan berlanjut sampai ke fase implementasi yang melalui sebuah tahapan interaksi yang bersifat iteratif dan inkremental sepanjang siklus hidup proyek. Tujuan utama dari metode *agile* adalah untuk meminimalkan beban dalam proses pengembangan perangkat lunak, sekaligus mempertahankan kemungkinan adaptasi terhadap perubahan tanpa mengganggu alur kerja yang telah berjalan atau menimbulkan pekerjaan ulang yang berlebihan [16]. Adapun beberapa fase yang dilalui dalam metode *agile*, yaitu *plan* (perencanaan), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), *test* (pengujian), *deploy* (penerapan), dan *review* (evaluasi) [17]. Gambaran dari metode *agile* dapat dilihat pada Gambar 2.



GAMBAR 2
Siklus pengembangan perangkat lunak *Agile*

C. Streamlit

Streamlit merupakan sebuah *framework open-source* yang digunakan dalam mengembangkan aplikasi web untuk proyek *machine learning* dan *data science* dengan antarmuka pengguna yang interaktif secara cepat dan mudah menggunakan bahasa pemrograman *python*. Dalam *streamlit*, terdapat berbagai pustaka dan fitur yang tersedia, seperti *tools* untuk visualisasi data dan kemampuan integrasi dengan berbagai pustaka milik *python*, meliputi *pandas*, *numpy*, *matplotlib*, dan lainnya. *Streamlit* juga memiliki berbagai tema dan tampilan antarmuka (UI) yang dapat dipilih dan disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi tanpa memerlukan keahlian mendalam terhadap pengembangan web. Selain itu, *streamlit* juga memiliki platform *cloud* tersendiri yang dapat memuat *website* untuk diakses secara *online* tanpa perlu mengelola infrastruktur atau *hosting* [12]. Dengan format

yang praktis dan intuitif, *Streamlit* memungkinkan pengembangan *website* dengan model *machine learning*, visualisasi data, serta elemen interaktif lainnya secara *real-time* sehingga mempermudah analisis dan interpretasi data [18].

D. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) adalah sebuah algoritma berbasis jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk menganalisis data dengan struktur *grid*, seperti gambar atau video. Salah satu arsitektur CNN yang menerapkan konsep di atas adalah VGG-16 yang dikembangkan oleh *Visual Geometry Group*. Masukan yang diterima oleh VGG-16 berukuran 224x224 piksel. Jaringan saraf dalam VGG-16 memiliki 16 lapisan berbobot yang terdiri atas 13 *convolutional layers* dengan filter 3x3 dan 3 *fully connected layers* yang diikuti oleh *output layer* di akhir untuk menghasilkan probabilitas klasifikasi [19]. Model klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *transfer learning* dengan arsitektur VGG16 sebagai *feature extractor*. Sebelum proses pelatihan dilakukan augmentasi data pada citra pelatihan, seperti rotasi, *zoom*, *flipping* horizontal, pergeseran lebar dan tinggi, dan normalisasi *piksel*. Selanjutnya, model VGG16 diimpor tanpa top layer dan dibekukan pada tahap awal pelatihan. Selain itu, ditambahkan beberapa *fully connected* layer berupa *Flatten*, *Dense*, dan *Dropout*, serta *output layer* dengan fungsi aktivasi *softmax* untuk klasifikasi tiga kelas biji kopi. Setelah pelatihan awal selama maksimal 50 *epoch*, dilakukan *fine-tuning* dengan membuka beberapa layer terakhir dari VGG16 untuk dilatih ulang. Proses pelatihan dilakukan menggunakan *Adam optimizer* dengan *learning rate* 1e-5 dan jumlah *epoch* sebanyak 20 kali pada tahap *fine-tuning*. Dalam proses implementasi, model yang telah dilatih akan diekspor ke dalam bentuk model *machine learning* dengan format .h5. Selanjutnya, model akan dipanggil menggunakan pustaka *TensorFlow* dan *Keras*, serta disesuaikan agar dapat berjalan secara interaktif dalam lingkungan aplikasi web berbasis *Streamlit* [20].

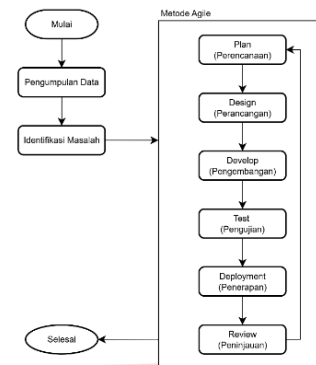
E. Blackbox Testing

Black box testing merupakan salah satu teknik pengujian perangkat lunak. Teknik pengujian ini digunakan untuk mengamati hasil dengan melakukan pengujian fungsionalitas terhadap perangkat lunak yang telah dikembangkan. *Black box testing* berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem dengan hanya memperhatikan *input* dan *output* dari perangkat lunak, tanpa mempertimbangkan struktur atau kode program di dalamnya [21]. Kelebihan dari pengujian ini adalah kemampuannya dalam menemukan kesalahan atau ketidaksesuaian antara spesifikasi fungsional dan perilaku aktual perangkat lunak, tanpa memerlukan pengetahuan yang mendalam terhadap implementasi internal sistem. Hal ini menjadikan *black box testing* sebagai pilihan yang sesuai dalam mengevaluasi performa perangkat lunak sebelum di rilis kepada pengguna akhir [22].

III. METODE

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang dilakukan guna mendukung proses penelitian yang akan dilakukan agar penelitian dapat berjalan lebih terarah dan sistematis. Dalam

Gambar 3 dapat dilihat gambar dari diagram alir penelitian dengan metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan, yaitu metode *Agile*.



GAMBAR 3
Diagram Alir Penelitian

A. Pengumpulan Data

Penelitian ini diawali dengan tahapan pengumpulan data yang dilakukan melalui wawancara, observasi, dan studi literatur. Proses wawancara dilakukan oleh tim peneliti dengan pemilik rumah produksi kopi robusta di Kabupaten Temanggung, Sinar Coffee, Bapak Muhammad Baidhowi. Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai proses pengelolaan dan pengolahan biji kopi secara langsung dari pelaku industri. Selama proses wawancara, dilakukan juga observasi terhadap kegiatan di lapangan, khususnya saat proses *grading* atau klasifikasi mutu biji kopi yang masih dilakukan secara manual. Berdasarkan informasi yang telah diperoleh, studi literatur dilakukan dengan melakukan penelusuran dari berbagai jurnal, *paper*, dan buku guna memastikan persiapan pengembangan yang sesuai.

B. Identifikasi Masalah

Setelah melakukan pengumpulan data, diperoleh bahwa proses klasifikasi biji kopi robusta di Sinar Coffee masih dilakukan secara manual, sehingga sering kali memiliki hasil yang kurang konsisten. Sementara itu, model klasifikasi berbasis CNN yang telah dilatih sebelumnya belum dapat dimanfaatkan karena belum memiliki tampilan antarmuka pengguna. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan perangkat lunak sebagai media implementasi model agar dapat digunakan oleh berbagai pihak, termasuk pengguna non-teknis sekalipun dalam melakukan proses verifikasi mutu biji kopi dengan praktis secara mandiri.

C. Plan (Perencanaan)

Pada tahap ini, dilakukan perencanaan dan identifikasi terhadap kebutuhan pada sistem yang dibangun. Sistem dirancang untuk membantu pengguna dalam melakukan klasifikasi *grade* biji kopi robusta Temanggung dengan mengimplementasikan model CNN melalui *website*. Kebutuhan sistem *website* yang dikembangkan dijelaskan pada Tabel 1.

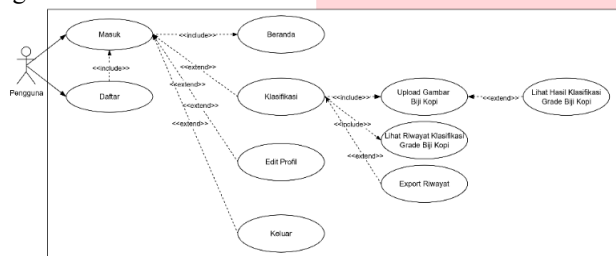
TABEL 1
Tabel Kebutuhan Sistem

No	Kebutuhan Sistem
1	Sistem dapat memberikan informasi mengenai jenis <i>grade</i> biji kopi
2	Sistem dapat melakukan klasifikasi <i>grade</i> biji kopi robusta Temanggung melalui gambar atau foto

No	Kebutuhan Sistem
3	Sistem dapat menampilkan data hasil klasifikasi yang telah dilakukan sebelumnya
4	Sistem dapat menyimpan hasil klasifikasi dalam bentuk <i>file</i> eksternal

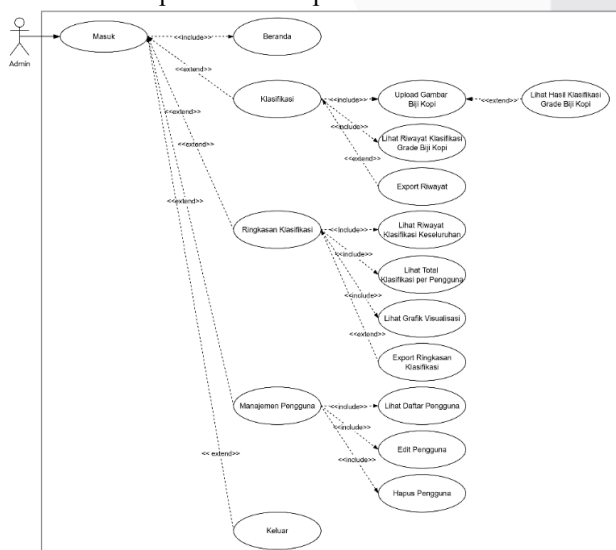
D. Design (Perancangan)

Pada tahap ini, akan dilakukan perancangan berdasarkan kebutuhan sistem guna memberikan gambaran awal dan acuan dalam pengembangan *website*. Tahapan ini memanfaatkan *Unified Modeling Language* (UML) untuk memahami alur sistem yang dibangun guna merancang struktur dan alur interaksi dalam sistem secara lebih sistematis. Beberapa diagram yang akan disusun meliputi *use case diagram* untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem, *activity diagram* untuk memetakan alur proses, *sequence diagram* untuk menunjukkan urutan interaksi antar komponen, disertai *entity relationship diagram* untuk mendeskripsikan struktur basis data yang digunakan.



GAMBAR 4
Use Case Diagram dari sisi pengguna

Dalam Gambar 4, dapat dilihat *use case diagram* sistem klasifikasi biji kopi dari sisi pengguna. Sebelum masuk ke halaman utama, pengguna diharuskan untuk masuk menggunakan akun yang telah didaftarkan terlebih dahulu. Pengguna dapat melakukan pendaftaran akun pada halaman daftar. Setelah berhasil masuk, pengguna akan diarahkan ke halaman beranda, dan dapat melakukan proses klasifikasi dengan meng-*upload* gambar biji kopi, melihat hasil klasifikasi yang telah dilakukan sebelumnya, menyimpan hasil klasifikasi dalam bentuk *file* eksternal, serta mengubah informasi akun pada halaman profil.



GAMBAR 5
Use Case Diagram dari sisi admin

Dalam Gambar 5, dapat dilihat *use case diagram* sistem klasifikasi biji kopi dari sisi pengguna. Sama seperti pengguna biasa, admin diharuskan masuk terlebih dahulu agar dapat mengakses halaman utama. Admin dapat mengakses semua fitur yang dimiliki pengguna, kecuali profil, serta memiliki akses eksklusif terhadap halaman ringkasan klasifikasi yang menampilkan rekapan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh seluruh pengguna dan manajemen pengguna untuk mengelola akun pengguna sistem, seperti melihat, mengedit, atau menghapus pengguna.

E. Develop (Pengembangan)

Pada tahap ini, *website* dikembangkan sesuai dengan UML yang telah disusun pada tahap perancangan sebelumnya. Dalam proses pengembangan, digunakan perangkat keras dan perangkat lunak seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

TABEL 2
Tabel kebutuhan pengembangan *website*

Komponen	Keterangan	Fungsi
Perangkat Keras	Laptop dengan prosesor Intel(R) Core(TM) i7-6600U CPU @ 2.60GHz, 2808 Mhz, 2 Core(s), 4 Logical Processor(s), RAM 8 GB, SSD 256 GB	Mendukung proses pengembangan dan pengujian aplikasi.
Sistem Operasi	Microsoft Windows 10 Pro	Platform utama untuk menjalankan <i>software</i> pengembangan.
Perangkat Lunak	<i>Visual Studio Code (VS Code)</i>	Editor teks utama untuk menulis dan mengelola kode program.
	<i>Python</i>	Bahasa pemrograman yang digunakan dalam pengembangan aplikasi web.
	<i>Streamlit</i>	<i>Framework</i> berbasis <i>Python</i> yang digunakan untuk pengembangan aplikasi web.
	<i>SQLite</i>	Sistem basis data untuk menyimpan dan mengelola data pada aplikasi web.
	<i>Google Chrome</i>	Browser untuk mengakses dan menguji aplikasi web yang dikembangkan.

F. Test (Pengujian)

Setelah tahap pengembangan selesai, dilakukan pengujian sistem menggunakan metode *Blackbox Testing*, yang berfokus pada pemeriksaan fungsionalitas setiap fitur berdasarkan kebutuhan sistem yang telah dibangun.

Pengujian ini mencakup uji coba pengunggahan gambar, pengecekan hasil klasifikasi, serta validasi sistem CRUD dan manajemen pengguna. Setiap fitur diuji dengan berbagai skenario untuk memastikan bahwa sistem dapat menerima *input*, memproses data, dan menghasilkan *output* yang sesuai. Jika terdapat fitur yang tidak berjalan semestinya, maka akan dilakukan perbaikan pada bagian yang bermasalah. Selain itu, dilakukan juga percobaan validasi akurasi untuk mengevaluasi performa model klasifikasi. Percobaan ini bertujuan untuk mengukur tingkat keberhasilan prediksi model terhadap data latih dan data di luar data pelatihan yang digunakan sebelumnya.

G. Deployment (Penerapan)

Setelah sistem dapat berjalan dengan baik secara lokal, dilakukan tahap *deploy*. Pada tahap ini, akan dilakukan konfigurasi server, memastikan semua dependensi telah terinstal, dan mempublikasikan *website* ke *cloud* atau server agar dapat diakses oleh lebih banyak pengguna secara *online*.

H. Review (Peninjauan)

Tahap ini dilakukan setelah sistem selesai dikembangkan dan berhasil di *deploy*. Pada tahap ini, dilakukan evaluasi untuk meninjau kembali apakah sistem yang telah dipublikasikan berjalan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan awal pengembangan saat masih berada di lingkungan lokal. Selain itu, dilakukan pula penyusunan dokumentasi sebagai agar sistem dapat dipahami oleh pengguna dan pengembang lain, serta dapat dikembangkan lebih lanjut nantinya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan dua jenis pengujian, yaitu pengujian fungsional sistem menggunakan metode *black-box testing* dan pengujian akurasi prediksi model CNN. Pengujian *black-box* dilakukan dalam dua iterasi. Iterasi pertama dilakukan oleh narasumber (produsen biji kopi Temanggung) untuk mengevaluasi fungsi dasar dan memberikan masukan terhadap tampilan dan kegunaan sistem, sementara iterasi kedua dilakukan oleh *expert* untuk menguji aspek teknis dan keamanan sistem. Sementara itu, pengujian akurasi prediksi model bertujuan untuk mengevaluasi performa model CNN dalam mengklasifikasikan *grade* biji kopi. Pengujian ini menggunakan tiga jenis *dataset*, yaitu data latih, data valid, dan data eksternal.

A. Blackbox Testing

Pada tahap ini dilakukan skenario pengujian fungsionalitas mencakup proses registrasi, *login*, klasifikasi biji kopi, pengubahan data profil, melihat ringkasan klasifikasi, dan manajemen pengguna oleh admin. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada iterasi pertama dan kedua, diperoleh ringkasan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3
Hasil pengujian blackbox testing

Iterasi	Total Skenario	Berhasil	Gagal	Persentase Keberhasilan
1	47	44	3	93,62%
2	44	42	2	95,45%

Pada iterasi pertama, terdapat 47 skenario yang diuji dengan 44 skenario berhasil dan 3 gagal, sehingga tingkat keberhasilannya sebesar 93,62%. Setelah dilakukan perbaikan, iterasi kedua menghasilkan 42 skenario berhasil dari 44 skenario yang diuji, dengan tingkat keberhasilan sebesar 95,45%. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa persentase keberhasilan yang dicapai mengalami peningkatan dan memiliki nilai yang sudah cukup tinggi. Hal tersebut menandakan bahwa sebagian besar fitur utama telah berhasil diimplementasikan dan berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

B. Pengujian Akurasi Prediksi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana akurasi model CNN dalam mengklasifikasikan biji kopi robusta Temanggung ke dalam tiga kategori *grade* yang telah ditentukan. Total data yang digunakan dalam pada setiap *dataset* pengujian ini adalah 90 data gambar, yang terdiri dari 30 gambar *grade* 1, 30 gambar *grade* 2, dan 30 gambar *grade* 3. Pengujian akurasi prediksi dilakukan menggunakan tiga jenis data:

1. Data latih, yaitu data yang sebelumnya digunakan untuk melatih model.
2. Data valid, yaitu data biji kopi robusta Temanggung yang sesuai dengan spesifikasi data latih, namun tidak dilibatkan dalam proses pelatihan.
3. Data eksternal, yaitu data biji kopi dari sumber lain yang tidak pernah digunakan dalam proses pelatihan maupun validasi model.

Adapun hasil percobaan validasi dapat dilihat melalui Tabel 4 dan Tabel 5. Tabel 4 menunjukkan persentase yang menggambarkan keberhasilan dari prediksi setiap *grade* yang dilakukan. Tabel 5 menunjukkan jumlah keberhasilan dari prediksi setiap *grade* yang dilakukan.

TABEL 4
Hasil persentase keberhasilan prediksi

<i>Dataset</i>	<i>Grade</i> 1 (%)	<i>Grade</i> 2 (%)	<i>Grade</i> 3 (%)	Rata-rata
Data latih	100%	100%	96.67%	98.89%
Data valid	36.67%	23.33%	96.67%	52.22%
Data eksternal	36.67%	33.33%	100%	56.67%
Rata-rata	57.78%	52.2%	97.78%	69.26%

TABEL 5
Hasil jumlah keberhasilan prediksi

<i>Dataset</i>	<i>Grade</i> 1	<i>Grade</i> 2	<i>Grade</i> 3	Total	Rata-rata
Data latih	30	30	29	89	29.67
Data valid	11	7	29	47	15.67
Data eksternal	11	10	30	51	17
Rata-rata	17.33	15.67	29.33	62.33	20.78

Berdasarkan hasil pengujian validasi model pada tiga jenis data, diperoleh bahwa hasil pengujian menggunakan data latih menunjukkan akurasi yang sangat baik dengan rata-rata keberhasilan mencapai 98,89%. Pada pengujian dengan data valid mencapai 52,22%, sedangkan pada data eksternal mencapai 56,67%. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa prediksi untuk *grade* 3 cenderung lebih stabil dibandingkan *grade* lainnya dengan akurasi 97,78% yang kemungkinan

disebabkan oleh karakteristik visual *grade 3* yang lebih mencolok atau berbeda dibandingkan dengan *grade 1* dan *grade 2*, sehingga lebih mudah dikenali oleh model. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa model kemungkinan mengalami *overfitting*. Penyebab utama *overfitting* dalam penelitian ini adalah terbatasnya jumlah dan variasi data latih. *Dataset* yang digunakan hanya terdiri dari 600 gambar yang dibagi menjadi tiga *grade* biji kopi, dengan pengambilan gambar hanya dilakukan dari dua sudut pandang, yaitu tampak depan dan belakang dengan latar belakang putih polos dan pencahayaan ideal. Akibatnya, model menjadi terbiasa dengan kondisi gambar yang sangat spesifik dan kesulitan dalam mengenali gambar dari kondisi nyata yang berbeda. Adapun solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko *overfitting* agar dapat meningkatkan kemampuan model saat mengenali data baru, yaitu penambahan jumlah data latih, perluasan variasi gambar, dan penerapan augmentasi citra yang lebih variatif.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa sistem klasifikasi biji kopi robusta Temanggung telah berhasil dirancang dan dibangun dalam bentuk *website* menggunakan metode *Agile*, melalui enam tahapan dan dua kali iterasi. Pengujian *black-box* dilakukan di setiap iterasi, dengan persentase pada iterasi pertama menunjukkan 93,62%, yaitu 44 dari 47 skenario berjalan sesuai harapan, dan meningkat pada iterasi kedua menjadi 95,45%, yaitu 42 dari 44 skenario berjalan sesuai harapan. Dari hasil validasi prediksi juga diperoleh bahwa model CNN yang digunakan memiliki rata-rata keberhasilan sebesar 98,89%, yaitu 89 dari 90 data berhasil diprediksi sesuai *grade*. Kemudian, saat diuji menggunakan data valid dan data eksternal, akurasi model mencapai 52,22%, yaitu 47 dari 90 data berhasil diprediksi sesuai *grade* dan 56,67%, yaitu 51 dari 90 data berhasil diprediksi sesuai *grade*. Hasil validasi akurasi menunjukkan bahwa model kemungkinan mengalami *overfitting* yang disebabkan oleh terbatasnya jumlah dan variasi data latih, maka diperlukan penambahan jumlah dan perluasan variasi data latih untuk mengurangi risiko *overfitting*. Secara keseluruhan, sistem telah berhasil dibangun dan mampu menjalankan fungsinya seperti klasifikasi biji kopi, menampilkan hasil prediksi dan *confidence*, serta menyimpan riwayat klasifikasi.

REFERENSI

- [1] S. Kurnia, "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Kopi di Indonesia," *JISMA J. Ilmu Sos. Manajemen, dan Akunt.*, vol. 1, no. 6, pp. 805–812, 2023, doi: 10.59004/jisma.v1i6.288.
- [2] F. Irham, R. G. Fauzan, and R. R. Pramasha, "Peran Sumber Daya Alam dalam Mendorong Perekonomian Nasional," *J. Media Akad.*, vol. 2, no. 11, 2024, doi: <https://doi.org/10.62281/v2i11.969>.
- [3] D. I. M. R. Rizwan MP, *Budidaya Kopi*. CV. Azka Pustaka, 2022.
- [4] Y. A. Hidayat, L. S. Siregar, and K. Kurniani, "Pengaruh Orientasi Kewirausahaan dan Inovasi Produk Pada Kinerja Bisnis UMKM Kopi Temanggung," *J. Agribisnis Indones.*, vol. 11, no. 1, pp. 190–204, 2023, doi: 10.29244/jai.2023.11.1.190-204.
- [5] P. Pardono, D. R. A. Muhammad, I. Khomah, H. Ihsaniyati, and N. Setyowati, "Peningkatan Brand Image Kopi Robusta Temanggung Berbasis Indikasi Geografis," *War. LPM*, vol. 25, no. 1, pp. 101–111, 2022, doi: 10.23917/warta.v25i1.602.
- [6] A. Bagas and A. Ilham, "Peningkatan Hiperparameter Framework Deep Learning VGG-16 untuk Pendeteksian Tumor Otak pada Teknologi MRI," *Indones. J. Math. Nat. Sci.*, vol. 47, no. 2, pp. 99–107, 2024, doi: <https://doi.org/10.15294/n0vrqm85>.
- [7] N. Arminarahmah and G. Mahalisa, "Implementasi Model Machine Learning pada Klasifikasi Status Penyakit Diabetes Berbasis Streamlit," *Smart Comp Jurnalnya Orang Pint. Komput.*, vol. 13, no. 3, pp. 470–475, 2024, doi: 10.30591/smartcomp.v13i3.5866.
- [8] A. A. Permana *et al.*, *Memahami Software Development Life Cycle*, Cetakan Pe. Bojongsari-Purbalingga: Eureka Media Aksara, 2023.
- [9] N. Hikmah, A. Suradika, and R. A. Ahmad Gunadi, "Metode Agile Untuk Meningkatkan Kreativitas Guru Melalui Berbagi Pengetahuan (Knowledge Sharing) (Studi Kasus: Sdn Cipulir 03 Kebayoran Lama, Jakarta)," *Instruksional*, vol. 3, no. 1, p. 30, 2021, doi: 10.24853/instruksional.3.1.30-39.
- [10] I. Larasati, A. N. Yusril, and P. Al Zukri, "Systematic Literature Review Analisis Metode Agile Dalam Pengembangan Aplikasi Mobile," *Sistemasi*, vol. 10, no. 2, p. 369, 2021, doi: 10.32520/stmsi.v10i2.1237.
- [11] P. Hohl *et al.*, "Back to the future: origins and directions of the 'Agile Manifesto' – views of the originators," *J. Softw. Eng. Res. Dev.*, vol. 6, no. 1, 2018, doi: 10.1186/s40411-018-0059-z.
- [12] J. Surya, F. H. Aminuddin, E. Efitra, and N. Dihniah, *Pemrograman MYSQL Database With Streamlit Python*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [13] N. Aprilia *et al.*, "Peningkatan Kapasitas dan Daya Saing UMKM Kopi Di Kabupaten Temanggung Melalui Legalitas Usaha," *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nusantara*, vol. 5, no. 4, pp. 4653–4664, 2024, doi: <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i4.4263>.
- [14] N. S. Sumarjo, H. I. Ihsaniyati, and P. P. Pardono, "Adopsi Standar Indikasi Geografis Oleh Petani Kopi Robusta Di Kabupaten Temanggung," *J. AGRISEP Kaji. Masal. Sos. Ekon. Pertan. dan Agribisnis*, vol. 19, no. 1, pp. 1–14, 2020, doi: 10.31186/jagrisep.19.1.1-14.
- [15] A.-M. GHEORGHE, I. D. GHEORGHE, and I. L. IATAN, "Agile Software Development," *Inform. Econ.*, vol. 24, no. 2/2020, pp. 90–100, 2020, doi: 10.24818/issn14531305/24.2.2020.08.
- [16] S. Al-Saqqa, S. Sawalha, and H. Abdelnabi, "Agile software development: Methodologies and trends," *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, vol. 14, no. 11, pp. 246–270, 2020, doi: 10.3991/ijim.v14i11.13269.
- [17] A. A. Soulani and N. A. Ekowati, "Implementation of Low-Code Programming Technology With Agile Method in Developing a Petty Cash Transaction Management Application (Case Study: Pt Bank Central Asia Tbk) Implementasi Teknologi Low-Code Programming Dengan Metode Agile Dalam Pengembangan," *J. Tek. Inform.*, vol. 5, no. 3, pp. 941–

- [18] M. B. Julyano, S. A. Wibowo, and K. Usman, "Desain dan Implementasi Website Harvest Lens Prediksi Harga Beras Menggunakan Framework Streamlit," *eProceedings Eng.*, vol. 11, no. 4, pp. 2856–2860, 2024.
- [19] C. Lubis, M. Kom., D. Sumarlie, and T. Handhayani, "Pengenalan Kue Tradisional Indonesia Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *Comput. J. Comput. Sci. Inf. Syst.*, vol. 6, no. 2, pp. 164–171, 2023, doi: 10.24912/computatio.v6i2.21098.
- [20] I. Amal, E. W. Pamungkas, S. Kom, and M. Kom, "Aplikasi Pendeteksi Berita Palsu Bahasa Indonesia Menggunakan Framework Flask dan Streamlit serta Algoritma Machine Learning," pp. 1–18, 2023, [Online]. Available: https://eprints.ums.ac.id/id/eprint/116531/1/Naskah_Publikasi_Ikhlasul_Amal.pdf.
- [21] D. Dinda Permana Srg and M. Dedi Irawan, "Blackbox Test on Web Based Employed Attendance Information System Design," *J. Inf. Syst. Technol. Res.*, vol. 1, no. 3, pp. 168–178, Sep. 2022, doi: 10.55537/jistr.v1i3.220.
- [22] H. Ratnawati, A. Iskandar, Ahmed Abdulmajeed, Haryanto, and Ridha Nur Ilahi, "Decision Support System for Poor Student Aid Recipients Using the Analytical Hierarchy Process (AHP) Method," *Ceddi J. Educ.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2023, doi: 10.56134/cje.v2i2.43.

