

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis performa model CNN VGG16 terhadap citra tahu putih dari CV Berkah Lestari, maka kesimpulan yang dapat diambil untuk menjawab rumusan masalah, tujuan, dan hipotesis penelitian adalah sebagai berikut:

1. Performa Model CNN VGG16 dengan Dua *Optimizer*

Penelitian ini berhasil mengukur performa model CNN VGG16 pada dua skenario pelatihan, yaitu menggunakan SGD *optimizer* dan Adam *optimizer*. Berdasarkan hasil evaluasi terhadap data uji, model dengan SGD *optimizer* mencapai nilai *accuracy* 94%, *precision* 94%, *recall* 94%, dan *F1-score* 94%. Sedangkan model dengan Adam *optimizer* menunjukkan hasil yang lebih tinggi, yakni *accuracy* 98%, *precision* 98%, *recall* 98%, dan *F1-score* 98%. Hasil ini menunjukkan bahwa model CNN VGG16 pada kedua skenario pelatihan telah mencapai performa yang sangat baik, melebihi ambang batas evaluasi sebesar 70%. Dengan demikian, hipotesis nol pertama (H_{01}) yang menyatakan bahwa model tidak mencapai tingkat performa $\geq 70\%$ ditolak, dan hipotesis alternatif pertama (H_{11}) diterima.

2. Perbandingan Performa Model antara SGD *Optimizer* dan Adam *Optimizer*

Pemilihan algoritma optimasi terbukti memberikan dampak signifikan terhadap performa model dalam klasifikasi citra. Model yang dilatih menggunakan Adam *optimizer* secara konsisten menunjukkan hasil yang lebih akurat, presisi, dan stabil dibandingkan model yang menggunakan SGD *optimizer*. Hal ini diperkuat oleh beberapa indikator berikut:

- 1) *Classification Report* menunjukkan peningkatan metrik evaluasi di seluruh aspek pada model dengan Adam.
- 2) *Confusion Matrix* menunjukkan model Adam hanya salah dalam 2 prediksi, sedangkan SGD salah dalam 6 prediksi.

- 3) Grafik perbandingan metrik menunjukkan skor metrik Adam berada pada angka 0.98 untuk semua aspek, sedangkan SGD hanya 0.94.
- 4) Visualisasi prediksi citra uji memperlihatkan bahwa Adam mampu mengenali seluruh gambar dengan benar, sementara SGD masih melakukan kesalahan klasifikasi.

Dengan hasil tersebut, terbukti bahwa terdapat perbedaan performa klasifikasi yang signifikan antara kedua *optimizer*. Maka, hipotesis nol kedua (H_{02}) yang menyatakan tidak ada perbedaan performa ditolak, dan hipotesis alternatif kedua (H_{12}) diterima.

Dengan demikian, rumusan masalah pertama dan kedua telah terjawab, tujuan penelitian telah tercapai, dan hipotesis penelitian terbukti secara empiris. Model CNN VGG16 yang dilatih dengan Adam *optimizer* terbukti lebih optimal dan konsisten dalam mengklasifikasikan kualitas tahu putih berbasis citra pada CV Berkah Lestari, serta memiliki potensi besar untuk diimplementasikan sebagai solusi otomatis dalam proses kontrol kualitas di industri pangan.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan acuan:

1. Integrasi Sistem Klasifikasi secara *Real-Time* di Lini Produksi
Model klasifikasi dapat diintegrasikan secara *real-time* dalam proses produksi dengan bantuan kamera dan sistem otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Hal ini memungkinkan deteksi kualitas tahu secara instan, efisien, dan konsisten tanpa intervensi manusia.
2. Perluasan Dataset dan Variasi Kondisi Citra
Menambah jumlah data latih serta memperkaya kondisi citra seperti pencahayaan, sudut, dan latar belakang dapat membantu model mengenali pola lebih kompleks dan meningkatkan generalisasi pada kondisi nyata.
3. Eksplorasi Metode Optimasi dan *Fine-Tuning Mode*

Meski Adam telah menunjukkan performa terbaik dalam penelitian ini, eksplorasi terhadap *optimizer* lain seperti RMSprop, Nadam, atau SGD dengan momentum bisa menjadi alternatif menarik. Selain itu, eksperimen lebih lanjut dengan *data augmentation* dan *hyperparameter tuning* (seperti *learning rate* dan *batch size*) dapat meningkatkan performa model tanpa risiko *overfitting*.

Dengan memperhatikan saran-saran di atas, diharapkan sistem klasifikasi mutu tahu putih berbasis CNN VGG16 dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi solusi komersial dan praktis, terutama untuk mendukung efisiensi proses kontrol kualitas di sektor industri pangan, seperti CV Berkah Lestari.