

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan seluruh proses penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Model klasifikasi jenis kulit wajah telah berhasil dikembangkan menggunakan pendekatan hybrid MobileNetV2 fine-tuned dan RBF-SVM yang terbukti sangat efektif. Pipeline yang diusulkan mencakup fine-tuning mendalam MobileNetV2 pada dataset sebanyak 2.000 citra (1.401 latih, 403 validasi, 196 pengujian), ekstraksi fitur 1280-dimensi dari lapisan GlobalAveragePooling2D, normalisasi fitur dengan StandardScaler, serta pelatihan klasifikator RBF-SVM dengan hyperparameter optimal  $C = 30$ ,  $\gamma = 0.001$  yang diperoleh melalui GridSearchCV 5 fold.
- b. Model hybrid akhir mencapai akurasi pengujian tertinggi 90,31% pada data test independen dengan 196 citra, dengan macro-average precision 0,91, recall 0,90, dan F1-score 0,90. Performa ini secara signifikan melampaui:
  - 1) Baseline MobileNetV2 tanpa fine-tuning: 75,00% mengalami peningkatan 15,31 poin.
  - 2) Varian CNN murni softmax terbaik: 85,36% mengalami peningkatan +4,95 poin pada test set.

Kelas acne dan oily menunjukkan performa hampir sempurna, sedangkan kelas normal dan dry tetap menjadi tantangan utama karena overlap tekstur dan pengaruh faktor eksternal seperti pencahayaan, skincare, filter.

- c. Seluruh pipeline telah berhasil diimplementasikan menjadi aplikasi web publik bernama FACEDX yang dapat diakses melalui <https://facedx.web.id>. Sistem dilengkapi error handling yang komprehensif serta antarmuka responsif, sehingga dapat digunakan dengan nyaman baik pada perangkat desktop maupun mobile.

- d. Dari segi efisiensi, model hybrid menunjukkan performa yang sangat baik untuk implementasi real-time. Waktu inferensi rata-rata per citra hanya 72 ms, kemudian ukuran model akhir 43 MB masih sangat ringan, dengan penggunaan RAM tambahan minimal sebesar 0,01 GB dan utilisasi hardware rendah dengan ukuran GPU 0%, CPU 5–10%. Hasil ini membuktikan bahwa model hybrid yang dikembangkan tidak hanya akurat, tetapi juga efisien secara komputasi.

## 5.2 Saran

Meskipun model yang dikembangkan telah menunjukkan performa yang sangat baik, terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian berikutnya, antara lain:

- Perluasan dan peningkatan kualitas dataset, khususnya penambahan citra dengan variasi etnis, usia, dan kondisi pencahayaan ekstrem, serta anotasi yang lebih ketat untuk mengurangi ambiguitas antara kelas normal dan *dry*.
- Eksplorasi model backbone yang lebih baru seperti EfficientNet-B3/B4, ConvNeXt-Tiny, atau MobileNetV3-Small yang berpotensi memberikan representasi fitur lebih kaya dengan jumlah parameter yang tetap efisien.
- Pengembangan fitur tambahan pada aplikasi web, seperti rekomendasi produk skincare personal, riwayat analisis kulit pengguna, serta integrasi dengan kamera smartphone secara real-time.
- Pengujian lebih luas di dunia nyata (*user acceptance test*) melibatkan dokter kulit dan pengguna awam untuk mengevaluasi kegunaan klinis serta akurasi persepsi.

Dengan pengembangan lebih lanjut pada aspek-aspek tersebut, diharapkan sistem deteksi jenis kulit wajah berbasis citra digital dapat menjadi alat bantu yang semakin akurat, dan bermanfaat bagi masyarakat luas serta praktisi kesehatan kulit.