

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem klasifikasi tulisan tangan menggunakan metode Uniform Local Binary Pattern (ULBP) dan Support Vector Machine (SVM), dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem klasifikasi tulisan tangan berhasil diimplementasikan sesuai dengan tahapan yang dirancang yaitu: tahapan pre-processing, ekstraksi fitur menggunakan Uniform Local Binary Pattern (ULBP), dan klasifikasi menggunakan Support Vector Machine (SVM).
2. Metode Uniform Local Binary Pattern (ULBP) dengan parameter $\text{radius} = 1$ dan $\text{numNeighbors} = 8$ mampu menghasilkan representasi fitur tekstur tulisan tangan yang efektif, dengan jumlah fitur sebanyak 59 fitur untuk setiap citra.
3. Berdasarkan hasil pengujian pada beberapa skenario pembagian dataset, skenario pembagian 80% data training dan 20% data testing menghasilkan performa klasifikasi terbaik. Pada skenario ini, proses tuning parameter menggunakan pendekatan *grid search* mampu meningkatkan performa model SVM pada masing-masing kernel.
4. Hasil evaluasi menggunakan metrik akurasi, confusion matrix, precision, recall, dan F1-score menunjukkan bahwa kernel Radial Basis Function (RBF) dengan parameter terbaik hasil tuning memberikan performa klasifikasi paling optimal dibandingkan kernel linear dan polynomial. Kernel RBF mampu menghasilkan nilai precision, recall, dan F1-score yang lebih tinggi dan seimbang pada kedua kelas tulisan tangan, yang menunjukkan kemampuannya dalam memodelkan hubungan

non-linear pada fitur ULBP.

5.2.Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Tahap pre-processing citra dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengeksplorasi variasi teknik dan parameter yang digunakan, seperti pengaturan urutan proses peningkatan kontras (misalnya CLAHE), penggunaan ukuran kernel filtering yang berbeda, serta normalisasi citra. Perbaikan pada tahap ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas citra sehingga fitur yang diekstraksi menjadi lebih optimal.
2. Metode ekstraksi fitur dapat ditingkatkan dengan mengombinasikan Uniform Local Binary Pattern (ULBP) dengan fitur lain, seperti fitur bentuk atau fitur statistik. Kombinasi beberapa jenis fitur diharapkan dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam membedakan pola tulisan tangan yang memiliki kemiripan tekstur.
3. Pada penelitian selanjutnya, dapat diterapkan metode seleksi fitur seperti Independent Component Analysis (ICA) untuk memilih fitur-fitur yang paling relevan sebelum proses klasifikasi. Penerapan seleksi fitur diharapkan dapat mengurangi redundansi data, meningkatkan efisiensi komputasi, serta berpotensi meningkatkan kinerja dan akurasi klasifikasi.
4. Meskipun optimasi parameter SVM telah dilakukan pada penelitian ini menggunakan pendekatan *grid search*, pengembangan selanjutnya masih dapat dilakukan dengan mengeksplorasi rentang parameter yang lebih luas, penggunaan metode pencarian parameter yang lebih efisien,

serta penerapan validasi silang (*cross-validation*) untuk meningkatkan kestabilan dan generalisasi model.

5. Perbandingan dengan metode pembelajaran mesin lain, seperti Random Forest, k-Nearest Neighbor (k-NN), atau metode berbasis ensemble, dapat dilakukan untuk mengetahui metode yang paling sesuai dalam klasifikasi tulisan tangan berbasis fitur tekstur.

