

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, dan pembahasan mengenai klasifikasi gangguan pada saluran transmisi 150 kV Maninjau – Lubuk Alung menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Learning Vector Quantization 3* (LVQ3), dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Augmentasi data melalui penambahan noise lapangan buatan pada level SNR 20 dB berhasil menghasilkan sinyal arus dan tegangan yang lebih kasar sehingga dapat merepresentasikan kondisi pengukuran yang tidak ideal. Integrasi data hasil augmentasi dengan model LVQ menunjukkan bahwa keterbatasan data gangguan dapat diatasi melalui pembentukan variasi sinyal yang lebih kompleks dan mendekati kondisi lapangan.
2. Model LVQ3 terbukti efektif dalam mengklasifikasikan 11 jenis gangguan saluran transmisi. Pengujian menggunakan parameter terbaik, yaitu 20 prototipe pada setiap kelas dan learning rate sebesar 0,11, menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 91,44% pada data tanpa noise, dengan error rate sebesar 8,56% yang telah memenuhi target kurang dari 10%. Pada data dengan noise SNR 20 dB, akurasi model menurun menjadi 80,51%. Meskipun mengalami penurunan sekitar 11%, model tetap menunjukkan ketahanan yang baik karena sebagian besar data gangguan masih dapat diklasifikasikan pada kondisi sinyal yang tidak ideal.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan noise memberikan pengaruh yang berbeda terhadap setiap kelas gangguan. Kelas 2, 4, 7, dan 9 yang didominasi gangguan asimetris merupakan kelas paling stabil karena memiliki karakteristik fitur yang khas, kontras, dan relatif berjauhan antarkelas. Sementara itu, Kelas 10 (ABC) dan Kelas 11 (ABCG) menjadi kelas paling sensitif karena memiliki kemiripan struktur fitur dan respons gelombang yang sama-sama simetris pada ketiga fasa. Kondisi tersebut menyebabkan kedua kelas lebih sering salah diklasifikasikan atau saling tertukar setelah penambahan noise..

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut agar sistem klasifikasi gangguan ini dapat diimplementasikan secara lebih sempurna di industri kelistrikan nyata, beberapa saran yang dapat diajukan adalah:

1. Perlu dilakukan kajian lebih mendalam atau penambahan fitur ekstraksi khusus (seperti analisis komponen urutan atau statistik tingkat lanjut) pada tahap pengolahan sinyal DWT guna mempertegas batas keputusan (*decision*

boundary) antara gangguan ABC (tanpa tanah) dan ABCG (ke tanah) agar tidak mudah tertukar saat terjadi noise.

2. Penelitian selanjutnya disarankan menguji performa model LVQ pada level noise yang lebih tinggi (misalnya SNR 15 dB atau 10 dB) untuk mengetahui batas ambang toleransi kritis (*breakdown point*) algoritma dalam mempertahankan akurasi klasifikasi.
3. Merealisasikan arsitektur algoritma DWT + LVQ3 yang telah dilatih ke dalam modul mikroprosesor fisik, seperti FPGA (*Field-Programmable Gate Array*) atau DSP (*Digital Signal Processor*), untuk memvalidasi secara langsung waktu komputasi riil dan kesesuaian koordinasinya dengan *rele* proteksi di Gardu Induk Maninjau atau Lubuk Alung.

