Deteksi Status Aktivitas Gunungapi Dengan Menggunakan Kombinasi Analisis Deret Waktu dan Ensemble
LSTM
Fridy Mandita, Prof. Dr.techn. Ahmad Ashari, M.I.Kom.; Moh. Edi Wibowo, S.Kom., M.Kom., Ph.D.; Dr.rer.nat. Wiwit S
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
PRAKATA vi
INTISARI viii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 8
1.3 Batasan Masalah 8
1.4 Tujuan Penelitian 9
1.5 Manfaat Penelitian 9
1.6 Kontribusi Penelitian 10
1.7 Daftar Publikasi 12
BAB II 14
TINJAUAN PUSTAKA 14
2.1 Event Detection dan Event Classification Gunungapi Menggunakan ML 16
2.2 Prediksi Erupsi atau Deteksi Status Aktivitas Gunungapi Menggunakan ML 25
2.3 Research Gap Focus 32
BAB III 35
LANDASAN TEORI 35
3.1 Konsep Dasar Seismologi Dan Sinyal Seismik Gunungapi 35
3.1.1 Prinsip Dasar Seismologi 35
3.1.2 Gelombang P dan S 36
3.1.3 Karakteristik Sinyal Gunungapi 38
3.1.4 Signal-to-Noise Ratio (SNR) Dan Sinyal Seismik 40
3.1.5 Jenis dan Tipe Gunungapi 43
3.1.6 Tingkat Dan Klasifikasi Status Aktivitas Gunungapi 46
3.1.7 Erupsi Gunungapi 46
3.2 Teori Event Detection Dan Event Classification 48
3.2.1 Event Detection 48
3.2.2 Event Classification 50
3.3 Metode Analisis Deret Waktu 51
3.3.1 Short-Term Amplitude / Long-Term Amplitude (STA/LTA) 51
3.3.2 Template Matching 53
3.3.3 Autocorrelation / Crosscorrelation 54
3.3.4 Short-Time Fourier Transform (STFT) 55
3.3.5 Keterbatasan Metode Konvensional dan Kebutuhan Pendekatan HIDCA 57
3.4 Machine Learning Dalam Seismologi 58
3.5 Tantangan dan Peluang Pengembangan Sistem Deteksi Aktivitas Vulkanik 73

Deteksi Status Aktivitas Gunungapi Dengan Menggunakan Kombinasi Analisis Deret Waktu dan Ensemble
LSTM
Fridy Mandita, Prof. Dr.techn. Ahmad Ashari, M.I.Kom.; Moh. Edi Wibowo, S.Kom., M.Kom., Ph.D.; Dr.rer.nat. Wiwit S
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.6 Metrik Evaluasi Model 74
3.7 Metrik Evaluasi Regresi 79
BAB IV 81
METODOLOGI PENELITIAN 81
4.1 Analisis Masalah 81
4.2 Rancangan Penelitian 83
4.3 Tahapan Penelitian 86
4.3.1 Studi Literatur 88
4.3.2 Pengambilan / Akuisisi Data Sinyal Seismik 89
4.3.2.1 Karakteristik Dataset 90
4.3.2.2 Distribusi Kelas Dan Imbalance Dataset 93
4.3.3 Data Preprocessing 95
4.3.3.1 Deteksi Dan Segmentasi Data 97
4.3.3.2 Reduksi Noise 100
4.3.3.3 Augmentasi Data 104
4.4 Rancangan Model Deteksi Status Aktivitas Gunungapi 111
4.5 Peralatan Dan Bahan 118
4.6 Pengumpulan Data 118
4.7 Penanganan Noise Kompleks, SNR Rendah Dan Sinyal Mirip 119
4.8 Kompleksitas Komputasi Model 121
4.9 Simulasi Pseudo Real-Time dan Analisis Operasional 122
4.10 Batasan Dan Asumsi Metodologi 123
BAB V 124
IMPLEMENTASI PENGEMBANGAN MODEL 124
5.1 Implementasi Data Preprocessing 124
5.1.1 Penanganan Noise Kompleks dan SNR Rendah 124
5.1.2 Penanganan Sinyal Mirip 130
5.1.3 Ekstraksi Dan Normalisasi Fitur 132
5.2 Model Deteksi Status Aktivitas Gunungapi 136
5.2.1 Pengembangan Model 137
5.2.2 Konfigurasi Segmentasi Panjang Window 140
5.2.3 Tuning Hyperparameter Model 141
5.2.4 Training Dan Validation Model 144
5.2.5 Klasifikasi Dan Deteksi Status Aktivitas Gunungapi 145
5.2.6 Reproducibility dan Transferabilitas Model 149
BAB VI 151
HASIL DAN PEMBAHASAN DETEKSI STATUS AKTIVITAS GUNUNGAPI 151
6.1 Hasil Pra-pemrosesan Data 151
6.2 Hasil Evaluasi Kinerja Model Pada SNR Berbeda 153
6.2.1 Karakteristik Distribusi SNR 153
6.2.2 Analisis Confusion Matrix 154
6.2.3 Analisis Precision, Recall, dan F1-Score 156
6.2.4 Perbandingan Kinerja Metode Deteksi Kejadian Seismik pada Berbagai Tingkat SNR 159

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Deteksi Status Aktivitas Gunungapi Dengan Menggunakan Kombinasi Analisis Deret Waktu dan Ensemble LSTM
Fridy Mandita, Prof. Dr.techn. Ahmad Ashari, M.I.Kom.; Moh. Edi Wibowo, S.Kom., M.Kom., Ph.D.; Dr.rer.nat. Wiwit S
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.2.5 Evaluasi Kinerja Deteksi Kejadian Seismik terhadap Variasi Metode dan Durasi Window 160
6.3 Hasil Evaluasi Kinerja Model Pada Variasi Domain Dan Noise Kompleks 162
6.3.1 Hasil Evaluasi Model Pada Variasi Domain Data 163
6.3.2 Hasil Evaluasi Pada Noise Kompleks 164
6.4 Hasil Evaluasi Model pada Sinyal Mirip yang Berhasil dan Gagal Diklasifikasikan 169
6.5 Hasil Analisis Kinerja Pada Klasifikasi Sinyal Seismik 171
6.5.1 Hasil Pada Skenario Empat Kelas 178
6.5.2 Hasil Pada Skenario Delapan Kelas 181
6.5.3 Perbandingan Akurasi Ensemble LSTM Dengan Model ML Lain 185
6.5.4 Analisis Dampak Setiap Komponen Dalam Model 187
6.5.5 Analisis Ablation Dan Pengaruh Augmentasi Terhadap Performa Model 189
6.6 Hasil Analisis Kinerja Terhadap Status Deteksi Aktivitas Gunungapi 190
6.7 Hasil Analisis Simulasi Monitoring Real-Time Status Aktivitas Seismik Gunungapi 197
6.8 Validitas Statistik Model 206
6.9 Keterbatasan Dalam Pengembangan Model 209
BAB VII 210
KESIMPULAN DAN SARAN 210
7.1 Kesimpulan 210
7.2 Saran 211
LAMPIRAN 212
DAFTAR PUSTAKA 229