

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI..... | iii |
| PRAKATA | iv |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| INTISARI..... | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Keaslian Penelitian..... | 3 |
| 1.7 Sistematika Penulisan..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| BAB III DASAR TEORI | 11 |
| 3.1 Tuberkulosis | 11 |
| 3.2 <i>Chest X-Ray</i> | 11 |
| 3.3 <i>Imbalance Data</i> | 12 |
| 3.4 <i>Synthetic Minority Over-sampling Technique</i> | 14 |
| 3.5 <i>Convolutional Neural Network</i> | 16 |
| 3.5.1 <i>Pretrained VGG16 sebagai Feature Extractor</i> | 18 |
| 3.6 <i>Random Forest</i> | 20 |
| 3.7 <i>Extreme Gradient Boosting (XGBoost)</i> | 22 |
| 3.8 <i>Confusion Matrix</i> | 27 |
| BAB IV METODOLOGI PENELITIAN..... | 29 |
| 4.1 Deskripsi Umum Penelitian | 29 |
| 4.2 Akuisisi Data | 30 |
| 4.3 Rancangan Model..... | 32 |
| 4.3.1 <i>Algorithm Overview</i> | 32 |
| 4.3.2 Pra-pemrosesan | 33 |
| 4.3.3 Ekstraksi Fitur | 34 |
| 4.3.4 <i>Resampling SMOTE</i> | 35 |
| 4.3.5 Klasifikasi | 36 |
| 4.4 Rancangan Pengujian | 37 |
| 4.4.1 Strategi Validasi | 37 |
| 4.4.2 Teknis Pengujian dan Evaluasi | 37 |
| BAB V IMPLEMENTASI SISTEM..... | 39 |
| 5.1 Alat dan Bahan | 39 |
| 5.2 Pembagian Data Latih dan Data Uji..... | 39 |
| 5.3 Pra Pemrosesan dan Ekstraksi Fitur | 43 |
| 5.4 <i>Model Parameter Tuning</i> | 44 |

| | | |
|----------------------|---|-----------|
| 5.5 | SMOTE <i>Parameter Tuning</i> | 47 |
| 5.6 | Pengujian Model | 50 |
| BAB VI | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 52 |
| 6.1 | Hasil Pembagian Data | 52 |
| 6.2 | Hasil Prapemrosesan Data..... | 54 |
| 6.3 | Hasil Ekstraksi Fitur..... | 55 |
| 6.4 | Hasil Pelatihan Model | 55 |
| 6.4.1 | Model Random Forest..... | 56 |
| 6.4.2 | Model XGBoost | 62 |
| 6.4.3 | Diskusi dan Pembahasan Hasil Pelatihan Model..... | 67 |
| 6.5 | Hasil Pengujian Model | 69 |
| 6.5.1 | Model Random Forest..... | 69 |
| 6.5.2 | Model XGBoost | 74 |
| 6.5.3 | Diskusi dan Pembahasan Hasil Pengujian Model..... | 77 |
| 6.6 | Diskusi dan Pembahasan Performa Model..... | 81 |
| BAB VII | KESIMPULAN DAN SARAN | 86 |
| 7.1 | Kesimpulan..... | 86 |
| 7.2 | Saran..... | 86 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 88 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 3.1 Citra Hasil <i>Rontgen CXR</i> (Liu et al., 2020)..... | 12 |
| Gambar 3.2 Teknik mengatasi <i>Imbalance Data</i> (Spelman & Porkodi, 2018)..... | 13 |
| Gambar 3.3 Ilustrasi <i>Oversampling</i> dan <i>Undersampling</i> (Xia et al., 2019) | 13 |
| Gambar 3.4 Ilustrasi <i>Resampling SMOTE</i> (Ma et al., 2019)..... | 15 |
| Gambar 3.5 Algoritma SMOTE (Chawla et al., 2002) | 16 |
| Gambar 3.6 Arsitektur Dasar Model CNN (Phung & Rhee, 2019) | 17 |
| Gambar 3.7 Algoritma <i>Convolution Layer</i> . (a) <i>Pseudocode</i> . (b) Deskripsi Parameter (Q. Chen et al., 2019)..... | 18 |
| Gambar 3.8 Ilustrasi <i>Max Pooling</i> (Qotrunnada & Utomo, 2022) | 18 |
| Gambar 3.9 Arsitektur Model VGG16 (Vrbančič et al., 2019) | 19 |
| Gambar 3.10 Ilustrasi Random Forest <i>Classifier</i> (Saha & Ahsan, 2021) | 20 |
| Gambar 3.11 <i>Pseudocode</i> Algoritma Random Forest (H. Guo et al., 2021) | 21 |
| Gambar 3.12 Ilustrasi XGBoost <i>Classifier</i> (EL Mazgualdi et al., 2021)..... | 22 |
| Gambar 3.13 <i>Pseudocode</i> Algoritma XGBoost (Choi, 2019)..... | 25 |
| Gambar 3.14 <i>Confusion Matrix</i> untuk Klasifikasi Multi Kelas (Krüger, 2018) ... | 27 |
| Gambar 4.1 Tahapan Penelitian | 29 |
| Gambar 4.2 Sampel Citra <i>Dataset TBX11K</i> (Liu et al., 2020)..... | 31 |
| Gambar 4.3 Rancangan Model Penelitian..... | 33 |
| Gambar 5.1 Kode Pembagian Data Latih dan Data Uji..... | 42 |
| Gambar 5.2 Contoh Kode Prapemrosesan dan Ekstraksi Fitur..... | 43 |
| Gambar 5.3 Contoh Kode <i>Model Parameter Tuning</i> | 46 |
| Gambar 5.4 Contoh Kode SMOTE <i>Parameter Tuning</i> | 50 |
| Gambar 5.5 Contoh Kode Pengujian Model | 51 |
| Gambar 6.1 Folder Original Dataset TBX11K | 52 |
| Gambar 6.2 Potongan Daftar Nama File Data Latih..... | 53 |
| Gambar 6.3 Potongan Daftar File Anotasi Data TB | 53 |
| Gambar 6.4 Folder Hasil Pembagian Data Latih dan Data Uji..... | 53 |
| Gambar 6.5 Folder Hasil <i>Reorganize</i> Kelas Data | 54 |
| Gambar 6.6 Contoh Data Citra Hasil <i>Resize</i> | 55 |
| Gambar 6.7 <i>Output</i> Dimensi Hasil Ekstraksi Fitur <i>Data Training</i> | 55 |
| Gambar 6.8 Hasil <i>Tuning</i> Random Forest..... | 57 |
| Gambar 6.9 Pengaruh <i>n_estimator</i> (RF) | 57 |
| Gambar 6.10 Pengaruh <i>max_features</i> (RF)..... | 58 |
| Gambar 6.11 Hasil <i>Tuning</i> SMOTE (Random Forest) | 59 |
| Gambar 6.12 Pengaruh <i>sampling_strategy</i> (SMOTE RF) | 60 |
| Gambar 6.13 Pengaruh <i>k_neighbors</i> (SMOTE RF)..... | 61 |
| Gambar 6.14 Grafik Jumlah Data Sebelum dan Setelah SMOTE (RF)..... | 61 |
| Gambar 6.15 Hasil <i>Tuning</i> XGBoost..... | 62 |
| Gambar 6.16 Pengaruh <i>n_estimator</i> (XGB)..... | 63 |
| Gambar 6.17 Pengaruh <i>learning_rate</i> (XGB)..... | 64 |
| Gambar 6.18 Hasil <i>Tuning</i> SMOTE (XGBoost)..... | 65 |
| Gambar 6.19 Pengaruh <i>sampling_strategy</i> (SMOTE XGB)..... | 66 |
| Gambar 6.20 Pengaruh <i>k_neighbors</i> (SMOTE XGB) | 66 |
| Gambar 6.21 Grafik Jumlah Data Sebelum dan Setelah SMOTE (XGB) | 67 |
| Gambar 6.22 Hasil Pelatihan Model | 68 |



| | |
|---|----|
| Gambar 6.23 Performa Model RF..... | 70 |
| Gambar 6.24 <i>Confusion Matrix</i> dan <i>Classification Report</i> Model RF | 71 |
| Gambar 6.25 Performa Model RF+SMOTE..... | 72 |
| Gambar 6.26 <i>Confusion Matrix</i> dan <i>Classification Report</i> Model RF+SMOTE . | 73 |
| Gambar 6.27 Performa Model XGB | 74 |
| Gambar 6.28 <i>Confusion Matrix</i> dan <i>Classification Report</i> Model XGB..... | 75 |
| Gambar 6.29 Performa Model XGB+SMOTE | 76 |
| Gambar 6.30 <i>Confusion Matrix</i> dan <i>Classification Report</i> Model XGB+SMOTE | 77 |
| Gambar 6.31 Sampel Data Uji | 78 |
| Gambar 6.32 Sampel Data Citra Pneumonia | 80 |
| Gambar 6.33 Rangkuman Performa Model | 83 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka | 9 |
| Tabel 4.1 Kelas dan Pembagian Dataset TBX11K | 32 |
| Tabel 5.1 Alat dan Bahan..... | 39 |
| Tabel 5.2 Variasi Nilai Parameter Model | 44 |
| Tabel 5.3 Variasi Nilai Parameter SMOTE | 48 |
| Tabel 6.1 Kelas dan Pembagian Data | 54 |
| Tabel 6.2 Hasil <i>Tuning</i> Random Forest | 56 |
| Tabel 6.3 Hasil <i>Tuning</i> SMOTE (Random Forest) | 59 |
| Tabel 6.4 Hasil <i>Tuning</i> XGBoost..... | 62 |
| Tabel 6.5 Hasil <i>Tuning</i> SMOTE (XGBoost) | 65 |
| Tabel 6.6 Hasil Pelatihan Model..... | 67 |
| Tabel 6.7 Hasil Pengujian Model..... | 77 |
| Tabel 6.8 Hasil Prediksi Dataset Pneumonia | 80 |
| Tabel 6.9 Rangkuman Hasil Eksperimen Model | 81 |