

Penyakit kardiovaskular tetap menjadi penyebab utama kematian di dunia. Deteksi dini kelainan pada jantung sangat penting untuk keberlangsungan hidup pasien, karena sebagian besar penyakit jantung tidak menunjukkan gejala. Electrocardiogram (ECG) menyediakan metode non-invasif untuk merekam aktivitas listrik jantung dan mendeteksi kelainan. Interpretasi ECG konvensional bergantung pada analisis domain-waktu oleh tenaga ahli terlatih, yang memiliki variabilitas antar-pengamat tinggi dan keterbatasan dalam mendeteksi pola halus pada domain-frekuensi. Penelitian ini mengusulkan pendekatan klasifikasi domain-frekuensi menggunakan ekstraksi fitur Fast Fourier Transform (FFT) yang dikombinasikan dengan Support Vector Machine–Error Correcting Output Codes (SVM–ECOC) untuk diagnosis otomatis empat kondisi jantung: Normal, Complete Left Bundle Branch Block (CLBBB), Inferior Myocardial Infarction (IMI), dan Left Ventricular Hypertrophy (LVH). Penelitian ini menggunakan 200 sampel ECG 12-lead yang seimbang dari database PTB-XL, sinyal dipraproses menggunakan deteksi puncak-R Pan–Tompkins, dan ditransformasikan melalui FFT untuk mengekstraksi lima fitur spektral per lead: mean Power Spectral Density (PSD), standard deviation PSD, dan tiga rasio band daya (Low/QRS, High/QRS, Low/High). Klasifikasi dilakukan menggunakan kerangka SVM–ECOC dengan 20 binary classifier, yang mencapai akurasi keseluruhan 95.52% dengan specificity 98.50%. Performa per-kelas menunjukkan CLBBB dengan semua metrik sempurna (100%), IMI mencapai precision dan specificity sempurna (100%) dengan sensitivity 93.8%, LVH menunjukkan precision dan specificity sempurna (100%) dengan sensitivity 88.2%, dan Normal memperoleh sensitivity sempurna (100%) dengan specificity 94.0% dan precision 85.0%. Hasil menunjukkan bahwa fitur domain-frekuensi saja, tanpa fitur domain-waktu, memberikan daya diskriminatif memadai untuk klasifikasi multi-kelas kondisi jantung. Pendekatan ini menawarkan solusi efisien secara komputasi dengan kompleksitas $O(n \log n)$ yang dapat meminimalkan variabilitas dalam diagnosis dan membantu tenaga kesehatan untuk penanganan sedini mungkin, sehingga tingkat mortalitas akibat penyakit kardiovaskular dapat berkurang.

Kata kunci: Fast Fourier Transform, Elektrokardiogram, fitur domain frekuensi, Support Vector Machine, Error-Correcting Output Codes

Cardiovascular disease remains the leading cause of death worldwide. Early detection of heart abnormalities is crucial for patient survival, as most cardiac diseases are asymptomatic. Electrocardiograms (ECGs) provide a noninvasive method for recording cardiac electrical activity and detecting abnormalities. Conventional ECG interpretation relies on time-domain analysis by trained experts, which has high inter-observer variability and limitations in detecting subtle frequency-domain patterns. This study proposes a frequency-domain classification approach using Fast Fourier Transform (FFT) feature extraction combined with Support Vector Machine–Error Correcting Output Codes (SVM–ECOC) for automatic diagnosis of four cardiac conditions: Normal, Complete Left Bundle Branch Block (CLBBB), Inferior Myocardial Infarction (IMI), and Left Ventricular Hypertrophy (LVH). The study used 200 balanced 12-lead ECG samples from the PTB-XL database. Signals were preprocessed using Pan–Tompkins R-peak detection and transformed through FFT to extract five spectral features per lead: mean Power Spectral Density (PSD), standard deviation PSD, and three band power ratios (Low/QRS, High/QRS, Low/High). Classification was performed using an SVM–ECOC framework with 20 binary classifiers, achieving an overall accuracy of 95.52% with 98.50% specificity. Per-class performance showed CLBBB with all metrics perfect (100%); IMI achieved perfect precision and specificity (100%) with 93.8% sensitivity; LVH showed perfect precision and specificity (100%) with 88.2% sensitivity; and Normal obtained perfect sensitivity (100%) with 94.0% specificity and 85.0% precision. Results demonstrate that frequency-domain features alone, without time-domain features, provide adequate discriminatory power for multi-class cardiac condition classification. This approach offers a computationally efficient solution with $O(n \log n)$ complexity that can minimize diagnostic variability and assist healthcare professionals in early intervention, thereby reducing cardiovascular mortality rates.

Keywords: Fast Fourier Transform, Electrocardiogram, frequency domain features, Support Vector Machine, Error-Correcting Output Codes