

Gangguan pernapasan obstruktif seperti *sleep apnea* merupakan salah satu kelainan yang dapat menimbulkan komplikasi kardiovaskular dan metabolik apabila tidak terdeteksi secara dini. Deteksi dini menjadi penting untuk mencegah risiko jangka panjang dan mendukung pengembangan sistem pemantauan kesehatan yang bersifat non-invasif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode pemantauan kardiorespiratori berbasis kombinasi sinyal elektrokardiogram (ECG) dan elektromiogram (EMG) menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory* (CNN–LSTM) untuk mendeteksi kejadian *sleep apnea* secara otomatis.

Data yang digunakan berasal dari *Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis* (MESA) *sleep dataset* yang memuat rekaman sinyal ECG dan EMG selama periode tidur beserta label apnea yang tervalidasi klinis. Tahapan pra-pengolahan mencakup proses *filtering*, *denoising*, segmentasi, dan normalisasi sinyal untuk mengurangi noise sekaligus mempertahankan karakteristik fisiologis yang relevan. Arsitektur CNN digunakan untuk mengekstraksi fitur spasial dari segmen sinyal, sedangkan LSTM mempelajari hubungan temporal antar-epoch sehingga model mampu mengenali pola dinamis yang merepresentasikan episode apnea.

Pelatihan dan pengujian model dilakukan dengan pembagian data latih dan uji yang seimbang guna memastikan kemampuan generalisasi yang baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model CNN–LSTM multimodal ECG–EMG mencapai performa deteksi yang tinggi, dengan akurasi sebesar 90,3%, presisi 88,7%, sensitivitas (recall) 91,5%, F1–score 90,1%, dan AUC sebesar 0,895. Hasil ini menunjukkan peningkatan performa sekitar 2–5% dibandingkan sebagian besar penelitian terdahulu yang menggunakan sinyal tunggal ECG. Selain itu, model menunjukkan kestabilan konvergensi tanpa indikasi *overfitting*, serta kompleksitas parameter yang efisien (sebesar 382.416 parameter), sehingga berpotensi untuk diimplementasikan pada perangkat *wearable* maupun sistem *edge computing* untuk pemantauan tidur secara real-time.

Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi sinyal ECG dan EMG melalui pendekatan CNN–LSTM mampu menghasilkan sistem deteksi *sleep apnea* otomatis yang akurat, efisien, dan adaptif. Pendekatan ini memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan teknologi *smart healthcare* berbasis analisis sinyal fisiologis serta menjadi dasar bagi pengembangan sistem telemedis di masa mendatang.

Kata kunci—CNN–LSTM, ECG, EMG, Pemantauan Kardiorespiratori, *Sleep Apnea*.

ABSTRACT

Obstructive respiratory disorders such as sleep apnea are conditions that can lead to cardiovascular and metabolic complications if not detected early. Early detection is therefore essential to prevent long-term risks and to support the development of non-invasive health monitoring systems. This study aims to develop a cardiorespiratory monitoring method based on the combination of electrocardiogram (ECG) and electromyogram (EMG) signals using a Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory (CNN–LSTM) architecture for automatic detection of sleep apnea events.

The dataset used in this research was obtained from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) Sleep Dataset, which contains synchronized ECG and EMG recordings during sleep along with clinically validated apnea labels. The preprocessing stages included filtering, denoising, segmentation, and normalization to reduce noise while preserving relevant physiological characteristics. The CNN architecture was employed to extract spatial features from ECG and EMG segments, while the LSTM network captured temporal dependencies between epochs, enabling the model to identify dynamic patterns related to apnea occurrences.

Training and testing were performed using a balanced dataset to ensure robust generalization. Experimental results demonstrate that the proposed multimodal CNN–LSTM model achieved a high detection performance, with an accuracy of 90.3%, precision of 88.7%, sensitivity (recall) of 91.5%, F1-score of 90.1%, and an AUC of 0.895. These results outperform several previous studies using single-modal ECG inputs by approximately 2–5%. Furthermore, the model exhibits stable convergence without overfitting and maintains computational efficiency with 382.416 parameters, making it suitable for implementation in wearable or edge computing-based sleep monitoring systems.

This study confirms that integrating ECG and EMG signals through the CNN–LSTM architecture can produce an accurate, efficient, and adaptive automatic apnea detection system. The proposed approach contributes to advancing smart healthcare technology based on physiological signal analysis and provides a foundation for future telemedicine applications.

Keywords—CNN–LSTM, ECG, EMG, Cardiorespiratory Monitoring, Sleep Apnea.