



## INTISARI

Klasifikasi manual sel darah putih pada citra mikroskopis secara tradisional adalah proses yang memakan waktu, rentan terhadap kesalahan manusia, dan sangat bergantung pada keahlian operator. Mengatasi keterbatasan ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model *Deep Learning* berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) yang mampu mengklasifikasikan empat jenis sel darah putih (eosinofil, limfosit, monosit, dan neutrofil) secara otomatis dari citra mikroskopis dengan akurasi tinggi.

Metodologi dalam penelitian ini melibatkan eksperimen kuantitatif dengan pendekatan *Deep Learning*, khususnya menggunakan algoritma CNN. *Dataset* yang digunakan berasal dari "Blood Cell Images" oleh Paul Mooney di Kaggle, yang berisi 12.500 citra mikroskopis sel darah yang telah diaugmentasi. Seluruh data digabungkan kemudian dibagi menjadi 80% data pelatihan, 10% data validasi, dan 10% data uji. Tiga arsitektur CNN dievaluasi: DenseNet201, Inception-ResNet-v2, dan *Custom CNN* yang dirancang khusus oleh penulis. Model DenseNet201 dan Inception-ResNet-v2 menggunakan pendekatan *transfer learning* dengan *base model* yang dibekukan, diikuti oleh penambahan lapisan *GlobalAveragePooling2D()*, lapisan *Dense* dengan 128 neuron (aktivasi *ReLU*), *Dropout*(0,5), dan lapisan *Dense output* dengan empat neuron (aktivasi *Softmax*). Model dilatih dalam dua skenario *hyperparameter* berbeda (Skenario 1: *batch size* 64, *learning rate* 0,0001, 60 *epoch*; Skenario 2: *batch size* 32, *learning rate* 0,00001, 80 *epoch*), menggunakan *optimizer Adam* dan fungsi *loss categorical crossentropy*. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, *F1-Score*, dan *confusion matrix*. *K-Fold Cross Validation* diterapkan pada *Custom CNN* untuk menguji stabilitas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model *Custom CNN* yang dikembangkan sendiri oleh penulis memberikan performa terbaik, mencapai akurasi hingga 99%. Model *Custom CNN* ini juga terbukti stabil dengan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-Score* yang sangat tinggi dan seimbang pada setiap kelas. Evaluasi *K-Fold Cross Validation* mengonfirmasi stabilitas model *Custom CNN*, dengan rata-rata akurasi 99% dan standar deviasi hanya 0,0011, menunjukkan konsistensi kinerja yang tinggi pada berbagai pembagian data uji. Sementara itu, DenseNet201 dalam penelitian ini mencapai akurasi 88% dan Inception-ResNet-v2 mencapai 79%. Perbedaan ini diyakini karena variasi pada *preprocessing* data dan pemilihan *hyperparameter*.

Sebagai kesimpulan, pengembangan model *Deep Learning* berbasis CNN, khususnya model *Custom CNN*, merupakan solusi efektif untuk klasifikasi otomatis sel darah putih dengan akurasi yang sangat tinggi dan stabil. Implikasi dari penelitian ini adalah kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik biomedis dan kecerdasan buatan, mendukung otomatisasi dalam klasifikasi sel darah putih, serta potensi peningkatan kualitas layanan kesehatan dengan membantu proses diagnosis penyakit darah yang lebih cepat dan akurat.

Kata kunci : *Convolutional Neural Network*, *Custom CNN*, *Deep Learning*, Klasifikasi Sel Darah Putih, *Transfer Learning*.



## ABSTRACT

*Manual classification of white blood cells from microscopic images is traditionally a time-consuming process, prone to human error, and highly dependent on operator expertise. Addressing these limitations, this research aims to develop a Deep Learning model based on Convolutional Neural Network (CNN) capable of automatically classifying four types of white blood cells (eosinophils, lymphocytes, monocytes, and neutrophils) from microscopic images with high accuracy.*

*The methodology in this study involves quantitative experiments with a Deep Learning approach, specifically utilizing CNN algorithms. The dataset employed is "Blood Cell Images" by Paul Mooney from Kaggle, containing 12,500 augmented microscopic blood cell images. The entire dataset was merged and then split into 80% training data, 10% validation data, and 10% testing data. Three CNN architectures were evaluated: DenseNet201, Inception-ResNet-v2, and a Custom CNN specifically designed by the author. DenseNet201 and Inception-ResNet-v2, a transfer learning approach was used with the base model frozen, followed by the addition of a GlobalAveragePooling2D() layer, a Dense layer with 128 neurons (ReLU activation), Dropout(0.5), and an output Dense layer with four neurons (Softmax activation). Models were trained under two different hyperparameter scenarios (Scenario 1: batch size 64, learning rate 0.0001, 60 epochs; Scenario 2: batch size 32, learning rate 0.00001, 80 epochs). Adam optimizer and categorical crossentropy loss function were utilized. Evaluation was performed using accuracy, precision, recall, F1-Score, and confusion matrix metrics. K-Fold Cross Validation was applied to the Custom CNN to assess its stability.*

*The research results indicate that the Custom CNN model developed by the author performed best, achieving an accuracy of up to 99%. The Custom CNN model also proved to be stable with very high and balanced precision, recall, and F1-Score values for each class. K-Fold Cross Validation confirmed the stability of the Custom CNN model, with an average accuracy of 99% and a low standard deviation of only 0.0011, demonstrating high performance consistency across different data splits. Meanwhile in this research, DenseNet201 achieved an accuracy of 88% and Inception-ResNet-v2 reached 79% accuracy. This discrepancy is attributed to variations in data preprocessing and hyperparameter selection.*

*In conclusion, the development of a Deep Learning model based on CNN, particularly the Custom CNN model, proves to be an effective solution for automated white blood cell classification with very high and stable accuracy. The implications of this research include contributions to the development of biomedical engineering and artificial intelligence, supporting automation in white blood cell classification, and potentially improving healthcare services through faster and more accurate blood disease diagnosis.*

**Keywords :** Custom CNN, Convolutional Neural Network, Deep Learning, White Blood Cell Classification, Transfer Learning.