UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Integrasi Swin-UNETR dan Machine Learning Classifier untuk Segmentasi Nodul Paru dan Klasifikasi Densitas pada Citra 3D CT Scan
Aqila Shafara Pramudita, Prof. Ir. Hanung Adi Nugroho, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE.; Dr.Eng. Ir. Igi Ardiyanto
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Kanker paru-paru merupakan salah satu penyebab kematian tertinggi di dunia, dengan tingkat mortalitas yang tinggi akibat keterlambatan diagnosis dan keterbatasan analisis citra medis yang masih sering dilakukan secara terpisah. Citra Computed Tomography (CT) 3D memiliki peran penting dalam analisis nodul paru karena mampu memberikan informasi spasial dan densitas jaringan secara lebih detail. Namun, proses segmentasi nodul dan klasifikasi densitas masih sering dikembangkan sebagai tahapan yang berdiri sendiri, sehingga informasi lokasi, bentuk, dan karakteristik nodul belum sepenuhnya terhubung dalam satu alur analisis yang konsisten. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kerangka kerja terintegrasi untuk analisis kanker paru dari citra CT 3D yang menggabungkan segmentasi nodul dan klasifikasi densitas dalam satu pipeline. Penelitian ini menggunakan dataset LIDC-IDRI dengan tahapan praproses berupa konversi DICOM ke NIfTI, pembuatan mask, consensus mask, ROI crop/pad, pembagian data, serta transformasi dan augmentasi citra. Segmentasi nodul dilakukan menggunakan Swin-UNETR sebagai backbone utama, kemudian hasil segmentasi digunakan untuk ekstraksi fitur berbasis radiomics, morfologi, dan statistik. Fitur tersebut digunakan untuk klasifikasi densitas nodul menggunakan MLP, Random Forest, XGBoost, dan Histogram Gradient Boosting, dengan SMOTE untuk menangani ketidakseimbangan kelas. Evaluasi dilakukan menggunakan 5-fold cross-validation dan data uji, serta dibandingkan dengan pendekatan klasifikasi tanpa segmentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Swin-UNETR mampu menghasilkan segmentasi nodul dengan Dice pada rentang 0,78–0,80 dan rata-rata sekitar 0,79. Pada klasifikasi densitas, pendekatan stand-alone menghasilkan rata-rata F1-score cross-validation sebesar 0,8618, sedangkan pendekatan integrasi Swin-UNETR menghasilkan rata-rata F1-score sebesar 0,8761. Pada data uji, performa terbaik stand-alone diperoleh MLP dengan F1-score 0,8931, sementara performa terbaik integrasi diperoleh Random Forest dengan F1-score 0,9172. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi segmentasi dan klasifikasi dapat meningkatkan performa klasifikasi densitas serta menghasilkan keluaran yang lebih informatif berupa mask segmentasi nodul dan label densitas. Dengan demikian, kerangka kerja yang dikembangkan berpotensi mendukung konsistensi informasi dalam diagnosis dan perencanaan perawatan kanker paru berbasis citra CT 3D.

Kata kunci: kanker paru-paru, segmentasi nodul, klasifikasi densitas, Swin-UNETR, ground-glass opacity

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Integrasi Swin-UNETR dan Machine Learning Classifier untuk Segmentasi Nodul Paru dan Klasifikasi Densitas pada Citra 3D CT Scan
Aqila Shafara Pramudita, Prof. Ir. Hanung Adi Nugroho, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., SMIEEE.; Dr.Eng. Ir. Igi Ardiyanto
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Lung cancer is one of the leading causes of death worldwide, with high mortality rates due to delayed diagnosis and limitations of medical image analysis, which is still often performed in isolation. 3D computed tomography (CT) images play a crucial role in the analysis of pulmonary nodules because they provide more detailed spatial and tissue density information. However, nodule segmentation and density classification processes are still often developed as standalone steps, meaning that information regarding location, shape, and characteristics of nodules cannot be fully integrated into a single consistent analysis workflow. This study aims to develop an integrated framework for lung cancer analysis from 3D CT images that combines nodule segmentation and density classification into a single pipeline. This study uses the LIDC-IDRI dataset with preprocessing steps that include DICOM-to-NIfTI conversion, mask creation, consensus mask generation, ROI cropping/padding, data splitting, and image transformation and enhancement. Nodule segmentation is performed using Swin-UNETR as the main backbone, and the segmentation results are then used for feature extraction based on radiomics, morphology, and statistics. These features were used for nodule density classification using MLP, Random Forest, XGBoost, and Histogram Gradient Boosting, with SMOTE to address class imbalance. Evaluation was performed using 5-fold cross-validation and test data, and the results were compared with a classification approach without segmentation. The results show that Swin-UNETR is capable of producing nodule segmentation with a Dice score ranging from 0.78 to 0.80 and an average of approximately 0.79. For density classification, the stand-alone approach yielded an average cross-validation F1-score of 0.8618, while the Swin-UNETR integration approach yielded an average F1-score of 0.8761. On the test data, the best standalone performance was achieved by the MLP with an F1-score of 0.8931, while the best integrated performance was achieved by the Random Forest with an F1-score of 0.9172. These results indicate that integrating segmentation and classification can improve density classification performance and produce more informative outputs in the form of nodule segmentation masks and density labels. Thus, the developed framework has the potential to support consistency of information in the diagnosis and treatment planning of lung cancer based on 3D CT images.

Keywords : lung cancer, nodule segmentation, density classification, Swin-UNETR, ground-glass opacity