ABSTRAK

Segmentasi pembuluh darah retina merupakan salah satu tahap penting dalam analisis citra fundus karena struktur pembuluh darah dapat digunakan sebagai informasi pendukung dalam pengamatan kondisi retina. Namun, pembuluh darah retina memiliki bentuk tipis, bercabang, dan berorientasi beragam, sehingga proses segmentasi masih menjadi tantangan bagi model berbasis *deep learning*. Arsitektur U-Net telah banyak digunakan untuk segmentasi citra medis karena mampu menggabungkan informasi *encoder* dan *decoder* melalui *skip connection*. Me*skip*un demikian, U-Net standar masih memiliki keterbatasan dalam mempertahankan kontinuitas pembuluh darah halus dan bercabang.

Penelitian ini mengembangkan model U-Net + DGEM, yaitu modifikasi arsitektur U-Net dengan penambahan modul atensi berbasis filter Dolph-Chebyshev pada *skip connection* pertama. *Dataset* yang digunakan adalah DRIVE yang terdiri atas citra fundus retina dan *ground truth* pembuluh darah. Tahapan penelitian meliputi pra-pemrosesan citra, ekstraksi patch berukuran 48 x 48 piksel, pelatihan *baseline* U-Net dan U-Net + DGEM, pengujian pada data test, rekonstruksi hasil segmentasi, serta evaluasi performa. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik segmentasi, yaitu AUC ROC, PR AUC, *Accuracy*, *Sensitivity*, *Specificity*, *Precision*, *Dice*, dan *Jaccard*, serta metrik geometris *Connectivity*, *Area*, dan *Length*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa U-Net + DGEM memberikan peningkatan pada sebagian besar metrik dibandingkan *baseline* U-Net. Peningkatan terlihat pada metrik AUC ROC, PR AUC, *Accuracy*, *Sensitivity*, *Dice*, *Jaccard*, serta metrik geometris *Connectivity*, *Area*, dan *Length*. Secara khusus, *Sensitivity* meningkat dari 0,829817 menjadi 0,835728, sedangkan skor gabungan C x A x L meningkat dari 0,834837 menjadi 0,844538. Namun, *Precision* dan *Specificity* mengalami sedikit penurunan, yang menunjukkan adanya trade-off antara peningkatan kemampuan deteksi pembuluh darah dan bertambahnya false positive. Secara keseluruhan, integrasi DGEM berbasis filter Dolph-Chebyshev pada U-Net mampu meningkatkan kemampuan model dalam mendeteksi dan mempertahankan struktur pembuluh darah retina.

Kata Kunci: Segmentasi pembuluh darah retina, U-Net, Dolph-Chebyshev, DGEM, DRIVE.

ABSTRACT

Retinal blood vessel segmentation is an important stage in fundus image analysis because vessel structures can provide supporting information for observing retinal conditions. However, retinal vessels have thin, branching, and multi-oriented structures, making segmentation a challenging task for deep learning-based models. U-Net has been widely used for medical image segmentation because it can combine encoder and decoder information through skip connections. Nevertheless, standard U-Net still has limitations in preserving the continuity of thin and branching vessels.

This study develops U-Net + DGEM, a modified U-Net architecture that integrates an attention module based on Dolph-Chebyshev filters into the first skip connection. The Dataset used in this study is DRIVE, which consists of retinal fundus images and vessel ground truth. The research stages include image preprocessing, 48 x 48 patch extraction, Training of the baseline U-Net and U-Net + DGEM models, Testing on the test data, reconstruction of segmentation outputs, and performance evaluation. The evaluation uses segmentation metrics, including AUC ROC, PR AUC, Accuracy, Sensitivity, Specificity, Precision, Dice, and Jaccard, as well as geometric metrics consisting of Connectivity, Area, and Length.

The experimental results show that U-Net + DGEM improves most evaluation metrics compared with the baseline U-Net. Improvements are observed in AUC ROC, PR AUC, Accuracy, Sensitivity, Dice, Jaccard, and the geometric metrics of Connectivity, Area, and Length. In particular, Sensitivity increases from 0.829817 to 0.835728, while the combined C x A x L score increases from 0.834837 to 0.844538. However, Precision and Specificity slightly decrease, indicating a trade-off between improved vessel detection capability and increased false positives. Overall, integrating the Dolph-Chebyshev filter-based DGEM module into U-Net improves the model's ability to detect and preserve retinal blood vessel structures.
Keywords: Retinal blood vessel segmentation, U-Net, Dolph-Chebyshev, DGEM, DRIVE