

Ultrasonografi (USG) adalah salah satu modalitas pencitraan yang digunakan oleh para radiolog dalam melakukan diagnosis sel-sel abnormal yang berpotensi menjadi kanker payudara. *Computer Aided Diagnosis* (CAD) dapat digunakan untuk mengurangi probabilitas *human error* para radiolog dalam mendiagnosis kanker payudara. Segmentasi citra menjadi bagian yang sangat penting untuk CAD karena memiliki fitur-fitur penting untuk melakukan klasifikasi berdasarkan karakteristik lesi yang dihasilkan. Algoritma *deep learning* terbukti memiliki performa yang unggul dalam melakukan segmentasi lesi citra ultrasonografi payudara. Arsitektur berbasis U-Net, seperti U²-Net, telah terbukti efektif namun memiliki jumlah parameter yang sangat besar (64.58 juta), sehingga berat secara komputasi dan sulit diimplementasikan pada perangkat medis portabel yang memiliki keterbatasan sumber daya. Di sisi lain, model *lightweight* yang ada, seperti U²-NetP (1.11 juta) sering kali mengorbankan performa segmentasi secara signifikan untuk mencapai efisiensi jumlah parameter. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan arsitektur *lightweight* yang mengatasi *trade-off* tersebut dengan merancang model yang efisien beban komputasinya namun tetap memiliki performa yang kompetitif. Penelitian ini mengusulkan arsitektur ARMOR-Net (*Atrous Residual-U Mobile Robust Network*), sebuah arsitektur *deep learning* yang menggunakan *pre-trained* MobileNetV2 yang efisien dalam ekstraksi fitur sebagai *encoder*, *decoder* berbasis *Residual U-blocks* yang diadaptasi dari arsitektur U²-NetP, dan menambahkan blok *Atrous Convolution* pada bagian *bridge* untuk menangani variasi bentuk dan ukuran lesi. Model dievaluasi pada dataset publik UDIAT dan QAMEBI. Hasil penelitian menunjukkan ARMOR-Net berhasil mencapai *trade-off* yang optimal dengan 6.51 juta parameter dan 8.45 GFLOPs serta DSC 0.8048 pada dataset UDIAT dan DSC 0.8732 pada dataset QAMEBI. ARMOR-Net juga secara signifikan mengungguli U²-NetP dan arsitektur *lightweight* SOTA lainnya (seperti U-Lite dan CMUNeXt). Dibandingkan dengan model *baseline* U²-Net *original* (64.58M parameter dan 141.27 GFLOPs), model ARMOR-Net mampu mencapai performa yang ekuivalen secara statistik pada dataset UDIAT dan dataset QAMEBI dengan pengurangan parameter 89.9% dan kompleksitas komputasi 94%. Hasil uji kualitatif juga mengindikasikan bahwa model ARMOR-Net menghasilkan batasan *mask* segmentasi lesi yang halus dan mendekati *ground truth*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model ARMOR-Net menjadi model yang memiliki *trade-off* yang optimal antara performa segmentasi dan efisiensi beban komputasi sehingga berpotensi untuk diterapkan pada *edge-devices* dalam melakukan segmentasi citra ultrasonografi payudara.

Kata kunci— Atrous Convolution, Citra Ultrasonografi, Kanker Payudara, *Lightweight Model*, MobileNetV2, U²-Net.

ABSTRACT

Ultrasonography (USG) is one of the imaging modalities used by radiologists in diagnosing abnormal cells that could potentially become breast cancer. Computer-Aided Diagnosis (CAD) can be used to reduce the probability of human error by radiologists in diagnosing breast cancer. Image segmentation is a crucial part of CAD because it provides important features for classification based on the characteristics of the resulting lesions. Deep learning algorithms has been known for its superior performance in the task of breast ultrasonography image lesions segmentation. U-Net-based architectures, such as U²-Net, have proven to be effective but have a very large number of parameters (64.58M), making them computationally expensive and difficult to implement on portable medical devices with limited resources. On the other hand, existing lightweight models, such as U²-NetP (1.11M), often significantly sacrifice segmentation performance to achieve computational efficiency. This study aims to develop a lightweight architecture that addresses this trade-off by designing a model that is computationally efficient while still maintaining competitive performance. This research proposes the ARMOR-Net (Atrous Residual-U Mobile Robust Network) architecture, a deep learning architecture is built with a pre-trained MobileNetV2 which is efficient in feature extraction as the encoder, Residual U-blocks based decoder and adding an Atrous Convolution Block to the bridge part of the architecture to handle variations in lesion shape and size. The model was evaluated on the public datasets UDIAT and QAMEBI. The research results show that ARMOR-Net successfully achieved an optimal trade-off with 6.51M parameters and 8.45 GFLOPs, while achieved DSC of 0.8048 on the UDIAT dataset and DSC of 0.8732 on the QAMEBI dataset. ARMOR-Net also significantly outperforms U²-NetP and other lightweight SOTA architectures (such as U-Lite and CMUNeXt). Compared to the original U²-Net baseline model (64.58M parameters and 141.27 GFLOPs), ARMOR-Net model achieved statistically equivalent performance on the UDIAT dataset and QAMEBI dataset with an estimated 89.9% reduction in parameters and 94% reduction in computational complexity. Qualitative test results also indicated that ARMOR-Net model produced smooth and anatomically coherent boundaries of lesion segmentation masks prediction. These findings indicate that ARMOR-Net is a model with an optimal trade-off between segmentation performance and computational resources, making it potentially applicable to edge devices for breast ultrasound image segmentation.

Keywords—Atrous Convolution, Breast Cancer, Lightweight Model, MobileNetV2, U²-Net, Ultrasonography Images.