

## ABSTRAK

Klasifikasi citra CT scan ginjal menggunakan pembelajaran mendalam telah menunjukkan performa yang sangat tinggi, namun masih menghadapi permasalahan utama berupa rendahnya interpretabilitas model akibat sifat “*black-box*” pada arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas interpretabilitas visual model klasifikasi citra CT scan ginjal berbasis ResNet-50 melalui penerapan regularisasi entropi pada *Class Activation Map* (CAM), tanpa mengorbankan performa klasifikasi secara signifikan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimental. *Dataset* yang digunakan berupa citra CT scan ginjal yang terdiri dari empat kelas diagnosis, yaitu *Cyst*, *Normal*, *Stone*, dan *Tumor*. Model *baseline* dibangun menggunakan arsitektur ResNet-50 dengan bobot pra-latih *ImageNet* dan dilatih menggunakan *weighted cross-entropy* untuk menangani ketidakseimbangan data. Selanjutnya, dilakukan *fine-tuning* model menggunakan metode *CAM fostering*, yaitu dengan menambahkan penalti regularisasi entropi pada peta aktivasi *CAM diferensiabel* yang dihasilkan dari lapisan konvolusi terakhir.

Evaluasi interpretabilitas dilakukan menggunakan Grad-CAM++ pada lapisan *layer4* sebagai metode visualisasi pasca-pelatihan, dengan metrik kuantitatif berupa *Entropy*, *Radius*, dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR). Hasil pengujian menunjukkan bahwa model hasil *fine-tuning* mampu mempertahankan performa klasifikasi yang sangat tinggi, dengan nilai akurasi dan *macro-F1* pada data uji mencapai nilai maksimum. Dari sisi interpretabilitas, terjadi peningkatan yang signifikan, ditunjukkan oleh penurunan nilai *Entropy* dari 0.6168 menjadi 0.3313 dan penurunan *Radius* dari 0.4254 menjadi 0.2394, serta peningkatan nilai *SNR* secara drastis. Evaluasi kualitatif melalui visualisasi Grad-CAM++ juga menunjukkan bahwa peta atensi model hasil *fine-tuning* lebih terfokus dan terlokalisasi pada area patologis dibandingkan model *baseline*.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan regularisasi entropi CAM pada ResNet-50 efektif dalam meningkatkan interpretabilitas Grad-CAM++ tanpa menurunkan performa klasifikasi. Metode ini berpotensi mendukung transparansi dan keandalan sistem klasifikasi citra medis berbasis pembelajaran mendalam.

**Kata kunci:** CT scan ginjal, ResNet-50, Grad-CAM++, interpretabilitas, regularisasi entropi CAM.