

ABSTRAK

Mengidentifikasi fraktur tulang dari radiografi bukanlah tugas yang mudah. Retakan halus, terutama pada gambar dengan kontras yang buruk, mudah terlewatkan — dan ketika terlewatkan, pasien seringkali menanggung akibatnya di kemudian hari. Sebagian besar arsitektur CNN yang dibangun berdasarkan transfer learning telah mengejar jaringan yang lebih dalam, namun kemampuan untuk secara simultan menyempurnakan fitur di seluruh dimensi kanal dan spasial, yang paling penting untuk menangkap pola fraktur halus, jarang menjadi fokus. Studi ini mengambil jalur yang berbeda. Modul Perhatian Blok Konvolusional (CBAM) disematkan pada dua tahap ekstraksi fitur terpisah di dalam ResNet50V2, dipasangkan dengan penyempurnaan selektif dan penggabungan fitur multi-skala, sehingga model dapat memanfaatkan representasi tingkat menengah dan tingkat tinggi sekaligus. Model yang dilatih dikompresi ke dalam format TFLite dan diterapkan di dalam aplikasi Android, FrakturScan AI, mengubah penelitian menjadi sesuatu yang berjalan di perangkat nyata. Pelatihan menggunakan 9.924 radiografi klinis — 6.516 fraktur, 3.408 non-fraktur — dibagi 80:10:10. Pada 993 gambar uji terpisah, model mencapai akurasi 98,49% dengan kerugian 0,0278, mengalahkan baseline ResNet50V2 biasa sebesar 95,58% dengan selisih 2,91 poin persentase. Khusus untuk kelas fraktur: presisi 0,98, recall 1,00, F1-score 0,99, nol false negative di antara 652 kasus positif. Saat diuji pada perangkat Android dengan gambar X-Ray yang belum pernah dilihat selama pelatihan, prediksi tetap konsisten pada tingkat kepercayaan 100% sepanjang pengujian. Nol false negative berarti tidak ada fraktur yang tidak terdeteksi — yang, dalam pengaturan klinis, adalah angka yang paling penting. Dikombinasikan dengan kinerja dunia nyata yang stabil pada Android, hasil ini memberikan alasan yang kredibel untuk menerapkan model ini sebagai alat skrining fraktur lini pertama, terutama di daerah di mana ahli radiologi langka.

Kata kunci— patah tulang, citra medis, klasifikasi, ResNet50V2, CBAM, mekanisme perhatian, pembelajaran mendalam, pembelajaran transfer, TFLite, Android, sinar-X.