

Deployment dan Analisis Performa Model

Berikut adalah analisis mendalam atas hasil deployment dan performa model Vision Transformer (ViT) untuk deteksi tumor otak yang telah saya buat:

1. Evaluasi Antarmuka Pengguna (UI)

1. Tampilan Awal (Gambar 1)

- **Kelebihan:** Desain sederhana dan intuitif memudahkan pengguna (mis. tenaga medis atau peneliti) langsung memahami fungsi utama aplikasi.
- **Area Perbaikan:** Belum terlihat elemen bantuan (tooltip atau deskripsi singkat) untuk menjelaskan setiap tombol/fitur.



(Gambar 1)

2. Preview Input Citra (Gambar 2)

- **Kelebihan:** Fitur preview memastikan pengguna dapat memverifikasi bahwa citra MRI yang diunggah sesuai dan tidak terpotong/korup.
- **Area Perbaikan:** Tambahkan indikator ukuran file maksimal dan format yang didukung (mis. .jpg, .png, .dcm) agar pengguna tidak mengalami kegagalan upload.



(Gambar 2)

3. Tampilan Hasil Prediksi (Gambar 3)

- **Kelebihan:** Panel hasil prediksi menyajikan output dengan jelas misalnya probabilitas kelas tumor vs sehat sehingga interpretasi hasil lebih mudah.
- **Area Perbaikan:** Perlu ditambahkan penjelasan singkat tentang cara membaca output probabilitas.



(Gambar 3)

2. Analisis Performa Model

1. Akurasi dan Kemampuan Diskriminasi

- **Akurasi 100 %** pada data uji menunjukkan bahwa semua sampel (tumor maupun sehat) diklasifikasikan dengan benar.
- **AUC-ROC 0,9994** memperlihatkan kemampuan diskriminasi nyaris sempurna antara kedua kelas.
- **Precision = 1,00** (kelas Brain Tumor) dan **Recall = 0,99** mengindikasikan bahwa model nyaris tidak menghasilkan false positive maupun false negative.

Catatan penting:

- Akurasi sempurna sering kali mengundang pertanyaan tentang potensi **data leak** atau **overfitting** terselubung. Perlu dipastikan bahwa tidak ada kebocoran informasi (mis. metadata dalam file DICOM) yang memberi petunjuk tanpa disengaja kepada model.

2. Stabilitas Pelatihan

- **Kurva Loss:** Training loss dan validation loss konvergen dengan cepat dan gap keduanya sangat kecil pada akhir epoch, menandakan proses pelatihan relatif stabil dan **risiko overfitting** rendah.
- **Kurva ROC:** Hampir menempel pada sumbu vertikal dan horizontal memperlihatkan **true positive rate** tetap tinggi meski threshold diubah, serta **false positive rate** tetap rendah.

Catatan penting:

3. Rekomendasi dan Langkah Selanjutnya

1. Validasi Eksternal

- Uji model pada dataset MRI otak dari rumah sakit atau lembaga lain untuk menilai **robustness** dan **generalizability**.
- Pertimbangkan publikasi hasil uji eksternal dalam bentuk studi kasus agar lebih meyakinkan bagi komunitas klinis.

2. Analisis Kesalahan (Error Analysis)

- Kumpulkan dan telaah sampel-sampel yang gagal dideteksi (meski jumlahnya sangat sedikit) untuk memahami pola misclassifications.
- Terapkan visualisasi attention map (mis. Grad-CAM) pada ViT untuk mengecek area mana dalam citra yang paling berkontribusi pada keputusan model.

3. Integrasi Klinis

- Buat modul laporan otomatis yang menyajikan hasil deteksi bersama grafik ROC dan confidence score untuk memudahkan dokter radiologi.
- Tambahkan fitur “save report” dalam format standar (PDF/DICOM SR) agar hasil deteksi mudah diarsipkan dalam sistem PACS.

4. Perbaiki UI/UX

- Tambahkan panduan singkat (user onboard) dan validasi pre-upload (cek format/ukuran).
- Sediakan pilihan untuk menandai (annotate) area tumor secara manual, sehingga hasil model dapat dibandingkan langsung dengan anotasi pakar.

Kesimpulan

Secara keseluruhan, deployment model ViT saya sudah berhasil menghadirkan antarmuka yang fungsional dan model dengan performa luar biasa. Untuk menjamin kelayakan klinis, langkah validasi eksternal, verifikasi mendalam atas potensi bias/datal leak, serta peningkatan fitur UX akan sangat menentukan adopsi sistem ini di lingkungan medis nyata.