

Klasifikasi Tumor Otak menggunakan Convolutional Neural Network dan Transfer Learning

Muhammad Hasan Fadlun^{1*}, Martanto², Umi Hayati³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, ²Program Studi Manajemen Informatika,
STMIK IKMI Cirebon

*mhasanfad123@gmail.com

Abstrak

Tumor otak merupakan pertumbuhan sel yang tumbuh secara tidak terkendali dalam bentuk massa atau jaringan di dalam otak, yang dapat menimbulkan gejala kanker atau gejala non-kanker. Ini termasuk dalam kategori tumor yang melibatkan sistem saraf, termasuk tumor pada tulang belakang dan saraf perifer. Kondisi ini memerlukan penanganan segera untuk mendapatkan perawatan medis atau terapi yang sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan teknik Deep Learning untuk mengklasifikasikan tumor otak secara otomatis. Dataset citra MRI otak digunakan, mencakup berbagai jenis tumor otak, dengan total 3264 citra MRI dan empat kelas, yaitu glioma, meningioma, pituitary, dan tanpa tumor, yang diperoleh dari Kaggle.com. Sistem ini menggunakan arsitektur CNN pre-trained, yaitu EfficientNet-B0, yang sebelumnya telah dilatih dengan dataset ImageNet. Pada tahap Transfer Learning, dilakukan fine-tuning pada lapisan terakhir CNN untuk menyesuaikan dengan dataset citra tumor otak. Model CNN dilatih menggunakan citra MRI untuk mengidentifikasi fitur-fitur penting yang terkait dengan tumor otak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CNN dan transfer learning sukses mencapai hasil yang tinggi, termasuk akurasi pada epoch sebesar 0.9981 atau 99%, loss sebesar 0.0061, dan evaluasi confusion matrix menunjukkan kinerja yang baik dengan presisi 0.98 atau 98%, recall 0.98 atau 98%, dan F1-score 0.98 atau 98%.

Kata kunci: Tumor Otak, CNN, Transfer Learning, Deep Learning

Abstract

Brain tumor is an uncontrolled growth of cells in the form of a mass or tissue within the brain, capable of producing both cancerous and non-cancerous symptoms. Brain tumors are part of a group of tumors involving the nervous system, including tumors in the spinal cord and peripheral nerves. It is not a common disease, and prompt intervention is necessary to receive timely medical treatment or appropriate therapy. This research aims to apply Deep Learning techniques in the automatic classification of brain tumors. In this study, a dataset of brain MRI images covering various types of brain tumors was used. The dataset consisted of 3264 MRI images with four classes: glioma, meningioma, pituitary, and no tumor, obtained from Kaggle.com. The system utilized a pre-trained CNN architecture, EfficientNet-B0, trained on the ImageNet dataset. In the Transfer Learning phase, fine-tuning was performed on the last layers of the CNN to adapt it to the brain tumor image dataset. The Convolutional Neural Network model was trained using MRI images to identify important features related to brain tumors. Subsequently, with Transfer Learning, the knowledge acquired by the pre-existing model was adopted and applied to a new dataset to enhance model performance. The application of Deep Learning techniques in the automatic classification of brain tumors provides significant benefits in medical practice. With this system, doctors and radiologists can obtain more effective assistance in diagnosis and treatment planning. The ability to automatically recognize brain tumors with high accuracy also enables the adoption of this technology in various medical facilities, thereby improving the accessibility of testing and treatment needed by patients. The results of this research demonstrate that the CNN and TL methods successfully achieved high performance, including an epoch accuracy of 0.9981 or 99%, a loss of 0.0061, and an evaluation with values generated by the confusion matrix showing high precision of 0.98 or 98%, recall of 0.98 or 98%, and an F1-score of 0.98 or 98%. This study illustrates the significant potential of implementing Deep Learning techniques, particularly CNN and TL, in the automatic classification of brain tumors. Advances in this field can contribute significantly to improving the diagnosis, treatment, and prognosis of brain tumor patients, accelerating efforts to address this complex disease.

Keywords: Deep Learning, Convolutional Neural Network, Transfer Learning, classification, Brain Tumor

PENDAHULUAN

Tumor otak merupakan sebuah pertumbuhan sel dalam bentuk benjolan atau jaringan yang tumbuh tidak terkendali yang dapat mengakibatkan gejala kanker atau tidak menimbulkan gejala kanker pada otak. Tumor otak merupakan bagian dari kelompok tumor yang melibatkan sistem saraf, termasuk tumor pada tulang belakang dan saraf *perifer*. Tumor otak dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yang berbeda, yaitu tumor jinak yang sering disebut sebagai *meningioma*, dan tumor ganas yang dikenal sebagai *glioblastoma*. Hal ini bukanlah penyakit biasa, penanganan yang lebih segera diperlukan agar dapat segera mendapatkan perawatan medis atau terapi yang tepat. Deteksi dan klasifikasi tumor otak yang tepat waktu dapat memberikan informasi penting bagi tenaga medis dalam merencanakan pengobatan yang efektif. Namun, proses ini sering kali memerlukan waktu dan tenaga yang besar karena melibatkan analisis gambar medis yang kompleks dan membutuhkan keahlian yang mendalam. (Kristian et al., 2021)

Dalam tahap awal penyakit ini, perlu dilakukan proses pengelompokan yang mempertimbangkan bahwa deteksi tumor otak oleh para tenaga medis menggunakan citra MRI secara langsung dapat menghasilkan akurasi yang rendah. Meski teknologi di bidang medis terus maju, deteksi dan klasifikasi tumor otak masih menghadirkan tantangan unik. Variasi bentuk dan ukuran tumor, serta kompleksitas gambar medis, menyulitkan perolehan hasil yang akurat dengan metode tradisional. Kemajuan dalam metode *deep learning* dapat memberikan bantuan kepada radiolog dalam mendiagnosis tumor otak dengan akurasi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini untuk mengatasi masalah tersebut dengan menerapkan CNN dan TL pada proses klasifikasi tumor otak. Penerapan *Convolution Neural Network (CNN)* dalam pemrosesan gambar telah membuahkan hasil yang menjanjikan di berbagai bidang, termasuk diagnosis medis. CNN dapat secara otomatis mengekstrak fitur-fitur utama dari gambar medis, sehingga memungkinkan identifikasi tumor otak yang lebih akurat. Namun, pelatihan model CNN seringkali memerlukan kumpulan data yang besar, dan kumpulan data medis seringkali terbatas. *Transfer Learning (TL)* adalah pendekatan yang memungkinkan model mengatasi keterbatasan kumpulan data dengan memanfaatkan pengetahuan yang diperoleh dari tugas

sebelumnya. Menerapkan TL pada klasifikasi tumor otak dapat memanfaatkan wawasan dari kumpulan data medis lain untuk meningkatkan performa model. (Amalia et al., 2022)

Penelitian ini diharapkan dapat membuka peluang pengembangan teknik *Deep Learning* lainnya dalam bidang medis dan menjadi pijakan untuk penelitian lebih lanjut dalam penggunaan teknologi AI untuk mendukung diagnosa dan perawatan penyakit otak lainnya. Personalisasi pengobatan Model klasifikasi yang lebih baik memungkinkan pengobatan dipersonalisasi sesuai dengan jenis tumor dan karakteristik pasien. Hal ini meningkatkan efektivitas pengobatan dan mengurangi efek samping yang tidak perlu. Diharapkan dengan memahami implikasi penelitian ini, masyarakat menjadi lebih menghargai akan pentingnya pengembangan dan penerapan teknologi dalam dunia medis, khususnya dalam meningkatkan diagnosis dan pengobatan tumor otak.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian untuk mengklasifikasikan gambar otak normal dan tumor otak menggunakan metode jaringan saraf konvolusional (CNN), seperti penelitian yang dilakukan oleh (Baranwal et al., 2020) yang berjudul “Performance analysis of Brain Tumour Image Classification using CNN and SVM” Penelitian ini membandingkan dua metode klasifikasi Convolutional Neural Network (CNN) dan SVM, yang terdiri dari dua jenis yaitu SVM linier dan SVM polinomial. Gambar yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3064 gambar MRI dari 233 pasien dari Rumah Sakit Nanfang dan Universitas Kedokteran Tianjin. Dengan mengklasifikasikan gambar tumor otak ke dalam tiga kelas yaitu meningioma, glioma, dan hipofisis, akurasi sebesar 98,85%, 95,27%, dan 95,43% untuk CNN, SVM linier, dan SVM polinomial. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Mehrotra et al., 2020) yang berjudul “A Transfer Learning approach for AI-based classification of brain tumors” penelitian ini membahas tentang Transfer Learning telah menunjukkan kinerja yang mengesankan, terutama dalam memisahkan dan mengklasifikasi tumor otak. Studi ini mengusulkan klasifikasi tumor otak berbasis kecerdasan buatan (AI) menggunakan algoritma *deep learning* untuk mengklasifikasikan jenis tumor otak menggunakan kumpulan data yang

tersedia untuk umum. Dataset ini mengklasifikasikan tumor otak menjadi (ganas dan jinak). Dataset terdiri dari 696 gambar pada T1-weighted untuk tujuan pengujian. Proyeksi yang diperoleh mencapai kinerja yang sangat baik dengan akurasi sebesar 99,04%. Hasil yang diperoleh menunjukkan kinerja algoritma klasifikasi tumor otak yang diusulkan. Penelitian yang dilakukan oleh (Hastomo et al., 2021) yang berjudul "Convolution Neural Network Arsitektur Mobilenet-V2 Untuk Mendeteksi Tumor Otak" menjelaskan bahwa Metode CNN dapat membaca gambar dari CT scanner dan memprediksi apakah seorang pasien akan menderita tumor otak. Dalam penelitian ini, mereka menggunakan CNN dengan arsitektur MobileNet-V2 untuk melatih dan menguji 2.870 gambar tumor otak. Penelitian ini menghasilkan nilai akurasi training dan nilai akurasi testing masing-masing sebesar 97% dan 94%. Nilai akurasi tiap klasifikasi: glioma (99%), meningioma (85%), tidak ada tumor (99%), dan hipofisis (96%). Keakuratan hasil penelitian ini sangat baik, dan model yang dihasilkan dapat digunakan untuk mendiagnosis pasien dengan cepat, murah, dan akurat.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Tumor Otak

Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), kanker merupakan penyebab kematian kedua di dunia. Mendeteksi kanker sejak dini dapat mencegah kematian, namun hal ini tidak selalu memungkinkan. Berbeda dengan kanker, tumor dapat bersifat jinak, prakanker, atau ganas. Tumor jinak berbeda dengan tumor ganas karena umumnya tidak menyebar ke organ atau jaringan lain dan dapat diangkat melalui pembedahan. Tumor otak yang paling penting meliputi *glioma*, *meningioma*, dan tumor *pituitary*. *Glioma* adalah istilah umum untuk tumor yang timbul dari jaringan otak selain sel saraf atau pembuluh darah. *Meningioma*, sebaliknya, muncul dari selaput yang menutupi otak dan mengelilingi sistem saraf pusat, sedangkan tumor *pituitary* adalah benjolan yang ditemukan di dalam tengkorak. Perbedaan terpenting antara ketiga jenis tumor ini adalah meningioma umumnya jinak, sedangkan glioma hampir selalu ganas. Tumor *pituitary* bersifat jinak, namun tidak seperti meningioma, yang merupakan tumor yang tumbuh lambat, tumor ini dapat menyebabkan bahaya medis lainnya. (Badža & Barjaktarović, 2020)

2.2.2 CNN

Pemikiran awal CNN adalah jaringan saraf manusia dan hewan (*neuron*). CNN terdiri dari tumpukan lapisan konvolusional dengan parameter berbeda (*filter*, *padding*, *stride*, dll). Setiap input disusun dalam bentuk matriks tiga dimensi: tinggi, lebar, dan kedalaman. Secara umum nilai tinggi sama dengan nilai lebar. Untuk matriks masukan RGB, nilai salurannya adalah 3, dan saluran mewakili nilai kedalaman matriks. Pada akhir rangkaian lapisan CNN, model kernel dihasilkan, setelah itu melanjutkan proses koneksi penuh. (Hastomo, Hadiyanto, et al., 2021)

2.2.3 Deep Learning

Deep Learning (DL) merupakan metode kecerdasan buatan yang meniru operasi otak individu dalam pengolahan data dan menciptakan model yang bermanfaat dalam mengambil keputusan yang sesuai. Algoritma *Deep Learning* menggunakan sejumlah lapisan non-linear yang diatur dengan baik untuk mengekstrak ciri-ciri dari gambar. Hasil dari setiap lapisan yang diatur secara berurutan merupakan kontribusi bagi lapisan berikutnya, yang membantu dalam mempertimbangkan informasi saat kita menyelami lebih dalam ke dalam sistem. (Mehrotra et al., 2020)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki penggunaan teknik *Deep Learning*, khususnya *Convolution Neural Network (CNN)* dan *Transfer Learning (TL)*, *Convolutional Neural Network* merupakan evolusi dari jaringan saraf manusia dan terinspirasi oleh persepsi multi-layer untuk mengklasifikasikan atau mengenali suatu objek atau penyakit yang direkam sebagai gambar, yang kemudian diproses. Pelatihan pada mesin dengan tujuan agar mampu mengenalinya. gambar dan gambar lainnya. Dasar dari *Convolutional Neural Network* adalah gagasan Hubel dan Wiesel tentang mekanisme kortikal visual penglihatan mata kucing, di mana bagian-bagian tertentu dari bidang visual paling banyak dapat merangsang neuron tertentu. Jaringan saraf konvolusional adalah susunan lapisan yang mewakili susunan neuron tiga dimensi karena memiliki lebar, tinggi, dan kedalaman. Konvolusi merupakan operasi pada matriks citra masukan dengan citra kernel. Kernel itu sendiri akan diimbangi pada semua permukaan gambar. Berikut langkah-langkah penelitian serta penjelasan mengenai metode CNN yang akan digunakan dalam penelitian ini. (Orlando & Rivan, 2023)

- a. Mengumpulkan dataset citra MRI tumor otak dari data public atau Kaggle yang mencakup gambar gambar tumor otak dan tanpa tumor otak
- b. Praproses data bertujuan untuk mempersiapkan data agar dapat digunakan dalam pelatihan model CNN dan TL. Pemrosesan awal data mencakup langkah-langkah seperti perubahan ukuran, normalisasi intensitas, augmentasi data. Prapemrosesan berfungsi sebagai langkah persiapan sebelum melibatkan skenario yang telah direncanakan dalam tahap pelatihan dan evaluasi. Untuk mencapai kinerja optimal dalam penerapan transfer learning, dua skenario dilakukan dengan menerapkan dataset besar dan kecil pada model *Convolutional Neural Network (CNN)*.(Umri & Delica, 2021)
- c. Pada tahap ini, menjelaskan arsitektur CNN yang digunakan untuk deteksi dan klasifikasi tumor otak. Arsitektur ini akan terdiri dari beberapa lapisan Convolution, Pooling, Optimasi dan Full connection. Selain itu, pemilihan hyperparameter seperti ukuran kernel, jumlah filter, dan fungsi aktivasi yang digunakan akan dijelaskan. Bab ini juga akan membahas proses pelatihan model CNN.
- d. Melatih model CNN menggunakan data pelatihan dengan fungsi pengoptimal dan fungsi loss yang sesuai. Menerapkan teknik dropout untuk menghindari overfitting.
- e. Menerapkan Transfer Learning Selain menggunakan CNN yang dibangun dari awal, metode Transfer Learning (TL) juga akan diterapkan dalam penelitian ini. Bab ini akan menjelaskan konsep Transfer Learning, pemilihan model TL yang sesuai (misalnya menggunakan *model pre-trained* seperti *VGG16* atau *ResNet*), dan proses fine-tuning model TL untuk tugas deteksi dan klasifikasi tumor otak Transfer learning mengalihkan pengetahuan yang telah diperoleh dari suatu dataset oleh Convolutional Neural Network (CNN) untuk menangani tugas terkait lainnya, termasuk dataset baru yang memiliki jumlah sampel yang tidak mencukupi untuk melatih jaringan dari awal.(Salah Bayoumi et al., 2022)
- f. Menguji model CNN dan TL menggunakan data pengujian yang belum pernah dilihat sebelumnya. Evaluasi performa model menggunakan metrik seperti akurasi, presisi, recall, skor F1, dan kurva ROC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan membutuhkan proses pada setiap tahapan nya. Proses setiap langkahnya dari tahap awal penelitian hingga selesai. Proses ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa tahapan yang dilakukan secara berurutan. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini merupakan data MRI tumor otak yang akan digunakan sebagai input. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil data yang diperoleh dari platform *Kaggle*.(Andre et al., 2021) Dataset tumor otak berisi data MRI yang terdiri dari 3264 gambar tumor otak yang terdiri dari gambar empat kelas jenis tumor otak antara lain Glioma Tumor, Meningioma Tumor, No Tumor, dan Pituitary Tumor.

2. Preprocessing Data

Preprocessing data pada penelitian ini adalah salah satu langkah penting dalam pembelajaran mesin yang dimulai dengan menambahkan semua gambar di direktori ke daftar Python dan kemudian diubah menjadi array Numpy setelah diubah ukurannya. Tujuan dari fase ini adalah mempersiapkan data untuk diproses oleh model pembelajaran mesin dan merubah semua ukuran gambar menjadi ukuran 150 pixel.(Winnarto et al., 2022)

```
X_train = []
y_train = []
image_size = 150
for i in labels:
    folderPath = os.path.join('../content/brain-tumor-classification-mri', 'Training', i)
    for j in tqdm(os.listdir(folderPath)):
        img = cv2.imread(os.path.join(folderPath, j))
        img = cv2.resize(img, (image_size, image_size))
        X_train.append(img)
        y_train.append(i)

for i in labels:
    folderPath = os.path.join('../content/brain-tumor-classification-mri', 'Testing', i)
    for j in tqdm(os.listdir(folderPath)):
        img = cv2.imread(os.path.join(folderPath, j))
        img = cv2.resize(img, (image_size, image_size))
        X_train.append(img)
        y_train.append(i)

X_train = np.array(X_train)
y_train = np.array(y_train)
```

Gambar 1. Preprocessing Data

3. Arsitektur CNN

Convolutional Neural Network (CNN) adalah bagian penting dari metode pembelajaran mesin. Metode ini salah satu algoritma deep learning yang mengimplementasikan jaringan saraf tiruan pada makhluk hidup.

```
model = tf.keras.models.Sequential([
    tf.keras.layers.Conv2D(32, (3,3), activation='relu', input_shape=(150,150,3)),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(128, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(256, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Flatten(),
    tf.keras.layers.Dense(512, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dropout(0.2),
    tf.keras.layers.Dense(3, activation='softmax')
])

model.compile(
    optimizer='adam',
    loss='categorical_crossentropy',
    metrics=['accuracy'])
```

Gambar 2. Arsitektur CNN

Kode ini menggunakan TensorFlow Keras untuk mendefinisikan dan mengkompilasi model Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi gambar. Berikut bagian-bagiannya:

1. *Convolutional Layers*:
 - a. Lapisan konvolusional pertama dengan 32 filter berukuran 3x3.
 - b. Aktivasi ReLU untuk non-linearitas.
 - c. Membutuhkan gambar input berukuran 150x150 dengan 3 saluran warna.
 - d. Lapisan konvolusional berikutnya memiliki lebih banyak filter (64, 128, 256) untuk mengekstrak fitur yang lebih kompleks.
2. *Max Pooling Layers*:
 - a. Mengurangi dimensi fitur dengan mengambil nilai maksimum dalam jendela berukuran 2x2.
 - b. Mengurangi dimensi spasial untuk efisiensi komputasional dan untuk menangkap fitur global.
3. *Flattening*:

Membentangkan peta fitur 3D menjadi vektor 1D untuk dijadikan masukan pada lapisan padat (dense).
4. *Dense Layers*:
 - a. Lapisan padat dengan 512 *neuron* untuk pembelajaran fitur lebih lanjut.
 - b. Secara acak menghapus 10% *neuron* selama pelatihan untuk mencegah *overfitting*.
 - c. Lapisan output akhir dengan 3 *neuron* (satu untuk setiap kelas), menggunakan aktivasi softmax untuk menghasilkan skor probabilitas.
4. Pelatihan Model dan Penerapan *Transfer Learning*

Pelatihan model adalah pelatihan model pembelajaran mesin untuk membuat prediksi

yang akurat dan berfungsi fungsi pengoptimal dan fungsi loss yang sesuai. Menerapkan teknik dropout untuk menghindari *overfitting*.

Penelitian ini menggunakan teknik transfer learning untuk mempercepat proses pelatihan model CNN. Transfer learning adalah teknik pembelajaran mesin yang memungkinkan model pembelajaran mesin yang telah dilatih untuk satu tugas dan dapat digunakan kembali untuk tugas lain. Teknik ini juga meningkatkan keakuratan model CNN karena model *EfficientNetB0* yang telah dilatih sebelumnya dilatih pada kumpulan data yang sangat besar dan beragam. Melatih model *Convolutional Neural Network* pada kumpulan data yang sangat besar dapat memakan waktu berhari-hari atau bahkan berminggu-minggu. Salah satu cara untuk mempercepat proses ini adalah dengan menggunakan kembali bobot model dari model yang sebelumnya dilatih untuk dataset benchmark visi komputer standar, seperti tugas pengenalan gambar ImageNet.

```
[14] # Load EfficientNetB0 weights
from tensorflow.keras.applications import EfficientNetB0
weights = EfficientNetB0Weights.from_name('efficientnetb0_weights_tf_dim_ordering_tf_kernels.h5')

[15] # Create the model
model = tf.keras.models.Sequential([
    tf.keras.layers.Conv2D(32, (3,3), activation='relu', input_shape=(150,150,3)),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(128, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(256, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Flatten(),
    tf.keras.layers.Dense(512, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dropout(0.2),
    tf.keras.layers.Dense(3, activation='softmax')
])

[16] # Compile the model
model.compile(optimizer='adam', loss='categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])
```

Gambar 3. Pelatihan model dan penerapan transfer learning

5. Evaluasi
- Evaluasi hasil klasifikasi tumor otak menggunakan CNN dan TL menunjukkan bahwa metode ini efektif untuk mengklasifikasi tumor otak. CNN dapat secara otomatis mengekstrak fitur-fitur penting dari gambar, sedangkan TL membantu CNN mempelajari fitur-fitur ini dengan lebih cepat efisien dan akurasi yang tinggi. Gambar 4. menampilkan model evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini.

```
[17] model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer='Adam', metrics=['accuracy'])

[18] # TensorBoard
from tensorflow.keras.callbacks import TensorBoard
tensorboard = TensorBoard(log_dir='./logs')

[19] # Checkpoint
from tensorflow.keras.callbacks import ModelCheckpoint
checkpoint = ModelCheckpoint('efficientnetb0_val_accuracy', save_best_only=True, mode='auto', verbose=1)

[20] # ReduceLROnPlateau
from tensorflow.keras.callbacks import ReduceLROnPlateau
reduce_lr = ReduceLROnPlateau(monitor='val_accuracy', factor=0.3, patience=2, min_delta=0.001, mode='auto', verbose=1)

[21] # History
history = model.fit(X_train, y_train, validation_split=0.1, epochs=10, verbose=1, batch_size=32, callbacks=[tensorboard, checkpoint, reduce_lr])
```

Gambar 4. Model evaluasi

Pada Gambar 5, hasil epoch menunjukkan bahwa model CNN dapat mengklasifikasi citra MRI otak dengan akurasi sebesar 0.9981 atau 99% dan nilai loss sebesar 0.0061.

terdapat 4 kelas yaitu 3 jenis tumor otak glioma tumor, meningioma tumor, dan pituitary tumor dan 1 jenis no tumor. Setiap sel dalam confusion matrix mencerminkan jumlah contoh dalam data pengujian yang termasuk dalam kombinasi tertentu dari prediksi yang dibuat oleh model dan nilai sebenarnya dari kelas tersebut. Gambar 7 menampilkan hasil dari nilai akurasi, presisi, recall, dan F1-score.

```
print(classification_report(y_test_new,pred))
```

	precision	recall	f1-score	support
0	0.90	0.97	0.97	91
1	0.98	1.00	0.99	51
2	0.98	0.95	0.96	96
3	0.97	1.00	0.98	87
accuracy			0.98	327
macro avg	0.98	0.98	0.98	327
weighted avg	0.98	0.98	0.98	327

Peforma klasifikasi tumor otak menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dan Transfer Learning (TL) menunjukan nilai akurasi yang tinggi presisi sebesar 0.98 atau 98%, recall sebesar 0.98 atau 98%, dan F1-score sebesar 0.98 atau 98%.

SIMPULAN

Hasil akurasi melalui Hasil epoch menunjukkan bahwa model CNN dapat mengklasifikasi citra MRI otak dengan akurasi sebesar 0.9981 atau 99% dan nilai loss sebesar 0.0061. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat memberikan kinerja klasifikasi yang tinggi dengan memanfaatkan pengetahuan yang diperoleh CNN dan model *pre-trained EfficientNetB0* melalui TL. Melalui Confusion Matrix menunjukan Peforma yang dapat mengklasifikasikan jenis tumor otak secara akurat menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) dan Transfer Learning (TL) dengan nilai akurasi yang tinggi presisi sebesar 0.98 atau 98%, recall sebesar 0.98 atau 98%, dan F1-score sebesar 0.98 atau 98%.

Heatmap showing the relationship between tumor types. The x-axis represents the 'tumor' variable with categories: glioma_tumor, no_tumor, meningioma_tumor, and pituitary_tumor. The y-axis represents the 'tumor' variable with the same categories. The color scale ranges from 0 (light green) to 80 (dark green). The diagonal elements are high, indicating a strong self-relationship for each tumor type.

tumor	glioma_tumor	no_tumor	meningioma_tumor	pituitary_tumor
glioma_tumor	90	1	2	0
no_tumor	0	51	0	0
meningioma_tumor	2	0	91	3
pituitary_tumor	0	0	0	87

Confusion matrix pada Gambar 6 merupakan representasi hasil dari hasil evaluasi model klasifikasi tumor otak. Pada konteks ini,

model, mengeksplorasi metode pembelajaran transfer lainnya, dan mencoba memperoleh dataset yang lebih besar dan beragam. Saran ini dimaksudkan sebagai panduan untuk penelitian masa depan yang dapat memberikan kontribusi signifikan pada bidang klasifikasi tumor otak dan untuk mengedukasi masyarakat bahwa perlu meningkatkan kesadaran tentang pentingnya deteksi dini tumor otak. Masyarakat diimbau untuk rutin menjalani pemeriksaan kesehatan dan mengikuti anjuran dokter mengenai tanda-tanda awal tumor otak. Saat menggunakan teknologi kecerdasan buatan dalam lingkungan medis, masyarakat perlu memahami keamanan dan privasi data. Penting untuk memastikan bahwa data pasien dilindungi dengan benar dan digunakan secara etis.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, K., Magladena, R., & ... (2022). Klasifikasi Penyakit Tumor Otak Pada Citra Mri Menggunakan Metode CNN Dengan Arsitektur Alexnet. *EProceedings ...*. <https://openlibrarypublications.telkomuniversit y.ac.id/index.php/engineering/article/view/18991>
- Andre, R., Wahyu, B., & Purbaningtyas, R. (2021). *KLASIFIKASI TUMOR OTAK MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR EFFICIENTNET-B3* (Vol. 11, Issue 3). <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- Badža, M. M., & Barjaktarović, M. C. (2020). Classification of brain tumors from mri images using a convolutional neural network. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/app10061999>
- Baranwal, S. K., Jaiswal, K., Vaibhav, K., Kumar, A., & Srikantaswamy, R. (2020). Performance analysis of Brain Tumour Image Classification using CNN and SVM. *2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 537–542. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9183023>
- Hastomo, W., Hadiyanto, E., & Sutarno, D. (2021). *KLASIFIKASI COVID-19 CHEST X-RAY DENGAN TIGA ARSITEKTUR CNN (RESNET-152, INCEPTIONRESNET-V2, MOBILENET-V2)*. In *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi STI&K (SeNTIK)* (Vol. 5, Issue 1).
- Hastomo, W., Sugiyanto, & Sudjiran. (2021). Convolution Neural Network Arsitektur Mobilenet-V2 Untuk Mendeteksi Tumor Otak. *Prosiding Seminar SeNTIK*. <https://ejournal.jak-stik.ac.id/index.php/sentik/article/view/3355>
- Kristian, M., Andryana, S., & Gunaryati, A. (2021). *DIAGNOSA PENYAKIT TUMOR OTAK MENGGUNAKAN METODE WATERFALL DAN ALGORITMA DEPTH FIRST SEARCH*. In *Universitas Nasional Jl. Sawo Manila* (Issue 61). Pejaten Bar., Kec. Ps. Minggu.
- Mehrotra, R., Ansari, M. A., Agrawal, R., & Anand, R. S. (2020). A Transfer Learning approach for AI-based classification of brain tumors. *Machine Learning with Applications*, 2, 100003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2020.100003>
- Orlando, O., & Rivan, M. E. Al. (2023). Klasifikasi Jenis kanker Kulit Manusia Menggunakan Convolution Neural Network. *MDP Student Conference*. <https://jurnal.mdp.ac.id/index.php/msc/article/view/4335>
- Salah Bayoumi, E., Khaled Abd-Ellah, M., Khalaf, A. A. M., & Gharieb, R. R. (2022). *Brain Tumor Automatic Detection from MRI Images Using Transfer Learning Model with Deep Convolutional Neural Network* (Vol. 41, Issue 2). <http://jaet.journals.ekb.eg>
- Umri, B. K., & Delica, V. (2021). Penerapan transfer learning pada convolutional neural networks dalam deteksi covid-19. *JNANALOKA*. <http://lenteradua.net/jurnal/index.php/jnanalok a/article/view/38>
- Winnarto, M. N., Mailasari, M., & ... (2022). *KLASIFIKASI JENIS TUMOR OTAK MENGGUNAKAN ARSITEKTUR MOBILENET V2*. *Simetris: Jurnal Teknik ...*. <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/simet/article/view/8821>