

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang merujuk pada [3] oleh Andre R, Wahyu P dan Purbaningtyas R pada tahun 2021 dengan judul “Klasifikasi tumor otak menggunakan *convolutional neural network* dengan arsitektur *efficientnet-B3*” meneliti terkait pengklasifikasian tumor otak berjenis meningioma, dan glioma. *Dataset* berjumlah 4091 gambar yang terdiri atas 394 gambar tumor glioma, 827 gambar meningioma dan 2870 gambar tumor pituari yang diklasifikasi menggunakan metode *convolutional neural network* dengan *pre-trained model efficientnet-B3* yang termasuk kategori *deep learning*. Hasil pengujian model dengan *confusion matrix*, mendapatkan akurasi tertinggi mencapai 99.7% dan nilai *F1-Score* mencapai 99.7%. Arsitektur *efficientnet-B3* yang diterapkan pada penelitian ini memiliki keunggulan dalam mencapai akurasi tinggi dan dapat mengurangi parameter dari FLOPS (*Floating Point Operations Per Second*) yang memperbaiki kemampuan suatu model.

Penelitian dengan judul “Klasifikasi pola *image* pada pasien tumor otak berbasis jaringan syaraf tiruan (Studi kasus penanganan kuratif pasien tumor otak)” oleh Sri Hewanurweni, Budiani Destyningtias dan Andi Kurniawan Nugroho pada tahun 2018 menerapkan metode *backpropagation* untuk mengklasifikasikan tumor otak berdasarkan gambar MRI. Hasil pengujian model dengan menggunakan MSE

(*Mean Squared Error*) menghasilkan akurasi 96.55% [4]. Namun demikian, model yang dilatih hanya menggunakan 29 gambar citra otak yang membuat model belum tergeneralisir dengan baik.

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Saleh, Rozana Sukaik dan Samy S dengan judul “*Brain tumor classification using deep learning*” menerapkan metode *deep learning* dengan *pre-trained xception* model sebagai arsitekturnya pada kasus klasifikasi tumor otak pituari, glioma dan meningioma. *Dataset* yang digunakan berjumlah 4480 gambar yang terdiri atas 2760 gambar otak terdiagnosis tumor dan 1720 gambar dalam keadaan sehat. Hasil pengujian pada model menggunakan metrik *F1-Score* mencapai nilai akurasi sebesar 98.75% [6].

Penelitian yang merujuk pada [5] oleh Isselmou Abd El Kader, Guizhi Xu, Zhang Shuai, Sani Saminu, Imran Javid, Isah Salim Ahmad dengan judul “*Brain tumor detection and classification on MR images by a deep wavelet auto-encoder model*” menerapkan tiga tahapan yang perlu dilalui oleh gambar, yaitu : *high pass filter*, *median filter* dan *DWAE model* pada pendeteksian tumor otak berbasis gambar resonansi magnetic (MRI). Penelitian ini menggunakan lima tipe dataset gambar MRI tumor otak yang terdiri atas : BRATS 2012, BRATS 2013 BRATS 2014, 2015 *challenge* dan BRATS 2015 serta ISLES. Hasil pengujian model menggunakan metrik evaluasi *confussion matrix* dengan nilai rata-rata akurasi mencapai 99.3%. Metode yang dihasilkan pada penelitian ini mampu menganalisis gambar dalam jumlah besar dengan sangat baik sehingga model dapat memprediksi data baru [5].

**Tabel 2.1.** Penelitian Terkait

No.	Judul Penelitian	Metode	Akurasi	Sensitivity	Specificity	Precicion	F1-Score	DSC	Jumlah Dataset
1	Klasifikasi tumor otak menggunakan <i>convolutional neural network</i> dengan arsitektur <i>efficientnet-B3</i>	CNN dengan arsitektur <i>efficientnet-B3</i>	99.7%	-	-	-	99.6 %	-	4091
2	Klasifikasi pola image pada pasien tumor otak berbasis jaringan syaraf tiruan (Studi kasus penanganan kuratif pasien tumor otak)	Backpropagation	96.55%	-	-	-	-	-	29 gambar
3	<i>Brain tumor classification using deep learning</i>	DNN dengan arsitektur Xception	98.75%	-	-	-	97.04 %	-	4480 gambar

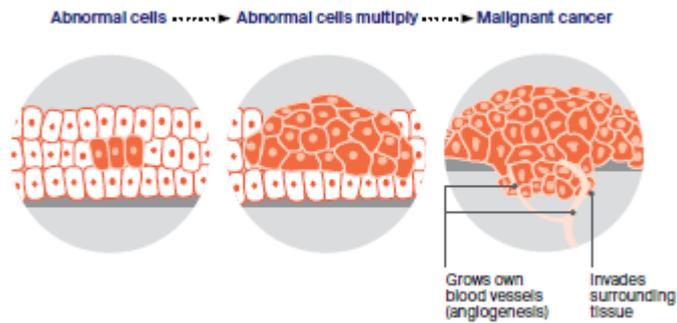
4	<i>Brain tumor detection and classification on MR images by a deep wavelet auto-encoder model</i>	<i>Deep wavelet auto-encoder</i>	99.3%	95.6%	96.9%	97.4%	-	96.55%	lima dataset yang terdiri atas : BRATS 2012, BRATS 2013, BRATS 2014, 2015 challenge dan BRATS 2015 serta ISLES
---	---	----------------------------------	-------	-------	-------	-------	---	--------	--

Berdasarkan penelitian terkait, tidak terdapat mekanisme *hyperparameter tuning* dalam menentukan jumlah *neuron* yang tepat pada *fully-connected layer* setelah melalui tahapan *feature extraction* pada proses konvolusi. Dengan demikian, penelitian ini akan menerapkan mekanisme *hyperparameter tuning* pada metode *deep neural network* untuk mengoptimasi jumlah neuron pada *fully-connected layer*.

## 2.2 Landasan Teori

### a. Tumor otak

Tumor otak merupakan penyakit yang disebabkan oleh pertumbuhan sel-sel otak secara tidak normal yang mengakibatkan terganggunya fungsi saraf utama pada manusia dan diklasifikasikan menjadi dua tipe tumor [7]. Pada umumnya Tumor diklasifikasikan berdasarkan agresifitas penyebarannya, yaitu : tumor ganas atau *malignant tumours* dan tumor jinak atau *benign tumours*. Penyebaran sel tumor yang semakin meluas dan membesar secara terus-menerus disebut kanker atau tumor ganas [7].



**Gambar 2.1** Proses dimulainya kanker atau tumor ganas

Berdasarkan lokasi penyebarannya kanker terbagi menjadi dua, yaitu kanker primer dan kanker sekunder. Kanker primer merupakan kanker yang bermula pada sel otak dan memiliki kemungkinan dapat menyebar ke bagian tubuh lainnya melalui sistem saraf. Sedangkan kanker sekunder merupakan kanker yang bermula dari bagian tubuh lainnya dan menyebar ke otak melalui sistem peredaran darah [7]. Saat ini terdapat lebih dari 40 jenis tumor otak yang diklasifikasikan berdasarkan lokasi penyebaran dan pola penyebarannya [7].

**Tabel 2.2.** Jenis tumor non-glioma yang umum ditemukan

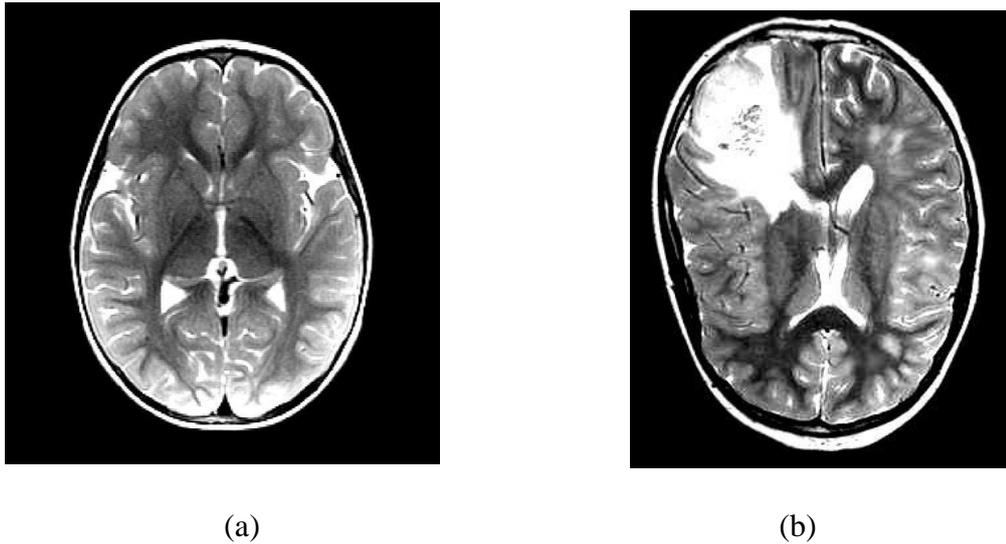
Jenis Tumor	Ciri-ciri
<i>Medulloblastoma</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Merupakan tumor ganas yang bermula pada cerebellum.</li> <li>b. Umumnya ditemukan pada anak-anak dan jarang ditemui pada orang dewasa.</li> </ul>
<i>Meningioma</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bermula pada selaput luar <i>meninges</i> yang membungkus otak dan sumsum tulang belakang.</li> </ul>

	b. Umumnya sering ditemukan sebagai tumor primer ganas dibandingkan tumor jinak dan tumbuh secara perlahan.
<i>Pituari</i>	a. Bermula pada kelenjar hipofisis. b. Umumnya merupakan tumor jinak.
<i>Schawnoma</i>	a. Bermula pada sel schwann yang membungkus saraf pada otak dan sumsum tulang belakang. b. Umumnya merupakan tumor jinak.

Sumber : *Cancer Council Australia 2022*

### c. *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*

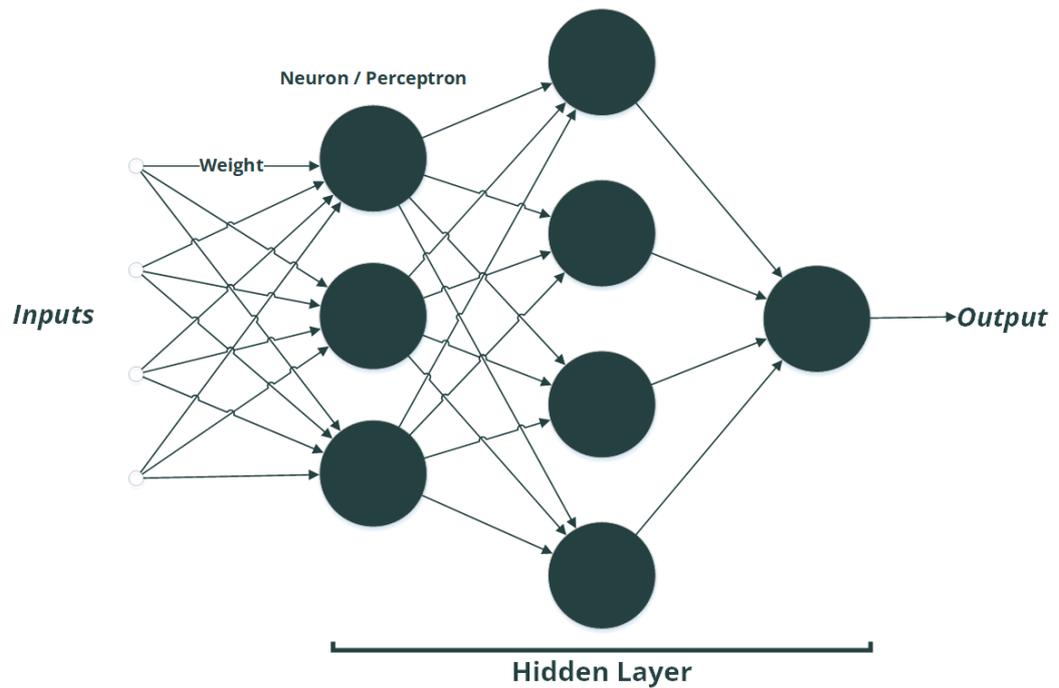
Pencitraan resonansi magnetik atau *Magnetic Resonance Imaging (MRI)* merupakan tes non-invasif yang menggunakan medan magnet dan gelombang frekuensi radio untuk membuat gambar detail struktur organ di dalam tubuh [8]. Pada pencitraan otak menggunakan MRI, radiolog akan melakukan prosedur penyuntikan cairan kontras ke dalam otak yang berfungsi memperjelas hasil pencitraan [8]. Hasil pencitraan dari MRI dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Otak sehat (a) dan otak yang terdiagnosis tumor (b) dalam citra axial

**d. *Deep Neural Network (DNN)***

*Deep learning* merupakan cabang ilmu dari pembelajaran mesin (*machine learning*) yang menerapkan pola pembelajaran terbaru dalam mempelajari suatu representasi dari sebuah data. *Deep learning* menekankan pada pembelajaran lapisan demi lapisan yang meningkatkan representasi data menjadi lebih berarti di tiap lapisannya. Lapisan-lapisan tersebut membentuk sebuah model pembelajaran yang disebut jaringan syaraf tiruan mendalam atau *deep neural network*. *Deep neural network* memiliki lebih dari dua lapis *neuron* yang disebut *hidden layer* yang saling menerima bobot dari tiap lapisan *node* atau *neuron* [9].

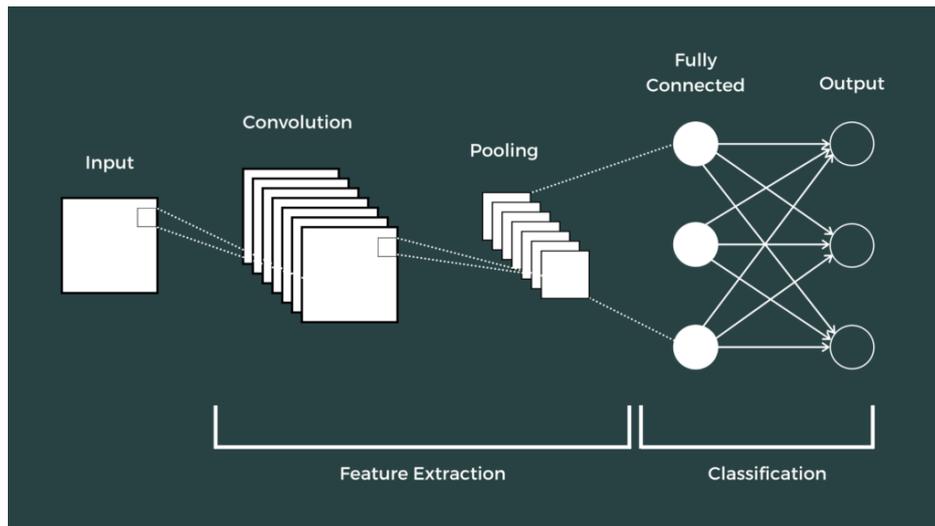


**Gambar 2.3** Lapisan jaringan syaraf tiruan

Pada lapisan *hidden layer*, terdapat lapisan konvolusi yang berfungsi sebagai *feature extraction*. lapisan yang berfungsi sebagai *feature extraction* tersebut merupakan satu kesatuan dari model pembelajaran dalam atau *deep learning* yang membuat model *deep neural network* dapat mencari fitur terpenting dari suatu data secara otomatis lalu melatihnya [10]. Salah satu model *deep neural network* ialah *convolutional neural network*.

e. ***Convolutional Neural Network (CNN)***

*Convolutional neural network* merupakan salah satu model *deep neural network* yang memiliki banyak lapisan termasuk lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, *non-linearity*, dan *fully connected layers*. CNN memiliki performa yang baik dalam menangani data berupa gambar [11].



**Gambar 2.4** Convolutional neural network

Performa CNN yang baik dipengaruhi oleh lapisan konvolusi yang akan mengesktrak piksel pada gambar dengan mengkalikan tiap  $m \times j$  piksel dengan sebuah *filter* atau kernel dengan pergeseran tiap  $i \times j$  piksel pada seluruh matriks gambar sebanyak  $n$ . Hasil konvolusi akan diteruskan ke *pooling layer* untuk mereduksi ukuran piksel tiap gambar dengan fungsi *maxpool* yang mengambil nilai piksel tertinggi dari tiap  $i \times j$  piksel. Secara matematis proses konvolusi dapat dinotasikan dengan formula (1) dan proses *maxpooling* dengan formula (2).

$$z^1 = h^{1-1} * W^1 \dots \dots \dots (1)$$

Dengan  $z^1$  merupakan *ouput* dari layer selanjutnya,  $h$  gambar masukan dan  $w$  *kernel* atau *filter* matriks.

$$h_{xy}^1 = \max_{i=0, j=0} (0, x) \dots \dots \dots (2)$$

Dengan  $h_{xy}^1$  merupakan *output*,  $x$  nilai piksel masukan.

Gambar yang telah melewati proses konvolusi dan *pooling* akan memiliki ukuran gambar yang lebih kecil dari ukuran asli namun tetap kaya akan fitur.

Kemudian proses berlanjut ke *fully connected layer* dimana tiap masukan akan dihitung bobotnya pada tiap neuron. Pada *fully connected layer* nilai bobot dihitung menggunakan algoritma *backpropagation* yang secara matematis tiap neuron dinotasikan dengan formula (3). Tiap lapisan pada *fully connected layer* memiliki *activation function* yang berfungsi menangkap nilai data yang kompleks dan meneruskannya ke neuron selanjutnya. *Activation function* yang digunakan tiap neuron ialah Relu (*Rectrified Linear Unit*) (4) dan lapisan *output* menggunakan *activation function* sigmoid (5) untuk memprediksi dua kelas yaitu kelas gambar yang terdiagnosis tumor otak dan gambar otak sehat [12].

$$a_j^{(l)} = f\left(\sum_{i=0}^n w^{(l)} a_i^{(l-1)} + b_j^{(l)}\right) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- $a_j^{(l)}$  : Bobot keluaran neuron
- $f$  : *Activation function*
- $w$  : Bobot
- $a$  : Nilai masukan dari neuron sebelumnya
- $b$  : Bias neuron

$$ReLU(z_i) = \max(0, z_i) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- $z_i$  : Hasil perhitungan *backpropagation*

$$f(z) = \sigma(z) = \frac{1}{1+e^{-z}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- $z$  : Keluaran probabilitas

**f. *Hyperparameter Tuning***

*Hyperparameter tuning* merupakan algoritma yang menganalisis hubungan antara *validation performance* dan berbagai nilai *hyperparameter* untuk memilih set *hyperparameter* berikutnya untuk dievaluasi [9]. Adapun prosedur *hyperparameter tuning* menggunakan *library keras tuners* sehingga dapat dilakukan secara otomatis dengan urutan sebagai berikut.

1. Menentukan *hyperparameter* (otomatis).
2. Membangun model yang sesuai.
3. Latih menggunakan data latih, pengukuran performa pada data validasi.
4. Menentukan rangkaian *hyperparameter* selanjutnya untuk diuji coba (otomatis).
5. Ulangi prosedur 1 – 4 sampai dengan mencapai nilai terbaik.
6. Ukur hasil performa model dengan data uji.

**g. *Metrik Evaluasi***

Penerapan *machine learning (ML)* di bidang medis membutuhkan metrik yang tepat untuk memvalidasi kinerja model yang dirancang agar kesalahan dapat diminimalisir [13]. Penelitian ini menggunakan metrik *accuracy*, *sensitivity*, *specificity*, *precision* dan *F1-Score* serta *Dice Similarity Coefficient (DSC)* sebagai metrik evaluasi model yang didapat dari kalkulasi nilai *True Positives (TP)*, *True Negatives (TN)*, *False Positives (FP)* dan *False Negatives (FN)*.

1. *Accuracy*

*Accuracy* merupakan rasio antara jumlah sampel yang terklasifikasi benar

dari keseluruhan sampel [13].

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

## 2. Sensitivity

*Sensitivity / recall / True Positive Rate (TPR)* merupakan rasio sample yang terklasifikasi positif benar dari keseluruhan sampel terdiagnosis penyakit [14].

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN}$$

## 3. Specificity

*Specificity* merupakan rasio sample yang terklasifikasi *negative* benar dari keseluruhan sampel yang tidak terdiagnosis penyakit [13].

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP}$$

## 4. Precision

*Precision / Positive Predicted Value (PPV)* merupakan proporsi jumlah sampel terklasifikasi benar positif dari keseluruhan sampel terklasifikasi positif [13].

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

## 5. F1-Score

*F1-Score* merupakan nilai rerata harmonic dari *precision* dan *sensitivity (recall)* yang menggunakan *statistical indices* atau *confussion matrix* [6].

$$F1 = 2 \frac{precision \times recall}{precision + recall} = \frac{2 TP}{2 TP + FP + FN}$$

## 6. *Dice Similarity Coefficient*

*Dice similarity coefficient* merupakan ratio antara nilai aktual tumor and non-tumor yang dibandingkan dengan nilai prediksi tumor dan non-tumor. [5]

$$DSC = \frac{2TP}{FP + 2TP + FN}$$

### h. *Google Colaboratory*

Colaboratory adalah alat analisis data dan pembelajaran mesin yang memungkinkan pengguna menggabungkan kode Python yang dapat dieksekusi dan *rich text* bersama dengan bagan, gambar, HTML, LaTeX, dan lainnya ke dalam satu dokumen yang disimpan di *Google Drive*. *Google colaboratory* terhubung ke runtime *Google Cloud Platform* yang kuat dan memungkinkan pengguna berbagi pekerjaan dan berkolaborasi dengan orang lain dengan mudah [15].

### i. *TensorFlow*

*TensorFlow* merupakan *library* Google untuk *machine learning* berskala besar, menyederhanakan perhitungan rumit dengan merepresentasikannya sebagai grafik dan memetakan bagian-bagian secara efisien grafik ke mesin dalam kluster atau ke prosesor mesin tunggal [16].