

# Deteksi Tumor Otak Melalui Penerapan GLCM dan Naïve Bayes Classification

*Brain Tumor Detection Based On GLCM Algorithm and Naïve Bayes Classification*

**Puji Laksono<sup>1</sup>, Harliana<sup>\*2</sup>, Tito Prabowo<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Eksakta, Universitas Nahdlatul Ulama Blitar  
e-mail: <sup>1</sup>pujilaksono608@gmail.com, <sup>\*2</sup>harliana@unublitar.ac.id, <sup>3</sup>titoprabowo@unublitar.ac.id  
corresponden author: harliana@unublitar.ac.id

## **Abstrak**

Tumor otak merupakan keadaan dimana pertumbuhan sel yang abnormal bahkan tidak terkendali yang terjadi di area otak yang mengakibatkan terjadinya gejala kanker. MRI merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk memberikan informasi gambaran citra otak yang mengalami gejala tumor. Penelitian ini akan melakukan klasifikasi citra tumor otak dengan menggunakan dataset yang berasal dari Kaggle. Pada tahap awal citra dari tumor otak akan dideteksi menggunakan GLCM, selanjutnya citra tersebut akan diklasifikasi berdasarkan citra yang memiliki gejala tumor otak atau tidak melalui Algoritma Naïve bayes classification. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai akurasi yang dihasilkan oleh GLCM dan Naïve Bayes Classification dalam memprediksi citra tumor otak yang didapatkan. Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan terhadap 253 dataset pasien diketahui bahwa nilai akurasi yang dihasilkan oleh Naïve Bayes dalam melakukan klasifikasi ternyata cukup tinggi yaitu 80% dengan perbandingan data testing dan data trainingnya adalah 20% : 80%, selain itu rata-rata dari nilai presisi dan recall yang dihasilkan pun sama yaitu 85%.

**Kata kunci**—Deteksi Tumor Otak, Kaggle, GLCM, Naïve Bayes Classification

## **Abstract**

A brain tumor is a condition where abnormal cell growth occurs uncontrollably in the brain area which results in cancer symptoms. MRI is a tool that can be used to provide information on brain images with tumor symptoms. This research will classify brain tumor images using datasets from Kaggle. In the early stages, the image of a brain tumor will be detected using GLCM, then the image will be classified based on whether the image has brain tumor symptoms or not through the Naïve Bayes classification algorithm. The purpose of this study is to determine the accuracy value produced by GLCM and Naïve Bayes Classification in predicting the brain tumor images obtained. Based on the test results that have been carried out on 253 patient datasets, it is known that the accuracy value generated by Naïve Bayes in classifying is quite high, namely 80% with a comparison of testing data and training data is 20%: 80%, while the average of the precision and recall is 85%.

**Keywords**—Brain Tumor Detection, Kaggle, GLCM, Naïve Bayes Classification

## **PENDAHULUAN**

Tumor otak merupakan keadaan di mana pertumbuhan sel-sel atau jaringan yang abnormal atau tidak terkendali di sekitar area otak yang mengakibatkan gejala kanker. Saat ini ada beberapa jenis tumor dimana salah satunya adalah jenis tumor *intrakranial*, tumor *interektiar* sendiri terdiri atas jenis tumor primer dan tumor sekunder (metastasis)[2]. Tumor ini juga merupakan penyakit dengan tingkatan keganasan kedua sesudah tumor darah atau leukemia[3]. Untuk mendeteksi adanya tumor otak dibutuhkan beberapa alat pemeriksaan digital seperti X-R, angiografi, CT-Scane (*Computerized Tomography*), MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) dan Citra *near-infrared fluorescence*.

### **Informasi Artikel:**

**Submitted:** April 20xx, **Accepted:** Mei 2023, **Published:** Mei 2023

**ISSN:** 2685-4902 (media online), Website: <http://jurnal.umus.ac.id/index.php/intech>

Pada tahun 2014 kasus tumor otak yang terjadi pada orang dewasa diperkirakan mencapai jumlah 23.380 kasus, dimana 14.320 diantaranya menyebabkan kematian dari data tersebut juga diketahui bahwa 1,4% diantaranya adalah penderita baru, apabila dilihat dari total keberlangsungan hidupnya, para penderita kanker otak terbagi menjadi 2 kelompok harapan hidup, yaitu 33,4% penderita akan mengalami harapan hidup sekitar 5 tahun dan hanya 0,6% penderita yang memiliki harapan hidup selamanya[3]. Di Amerika Serikat (AS) penderita untuk tumor ganas ternyata memiliki jumlah penderita sekitar 2.600 wanita dan 3.700 pria[4]. Di Indonesia sendiri pertahunnya terhitung ada sebanyak 300 pasien yang terdiagnosis tumor otak bagi orang dewasa maupun anak-anak yang masih tergolong muda[5]. Di Amerika Serikat sendiri tercatat lebih dari 28.000 anak dan remaja yang mengidap tumor otak primer yang dihitung pertahunnya terdapat sebanyak 4.600. Dilansir dari *Central Brain Tumor Registry of the United States (CBTRUS)* pada tahun 2018, rata-rata terdapat 21,42% kasus tumor otak pertahunnya selama kurun waktu tahun 2007 sampai 2011. Namun, pada tahun 2011 sampai dengan 2015 terdapat insiden tumor otak primer sebesar 16.941 yang terjadi pada anak-anak yang berusia 0 sampai 14 tahun di Amerika Serikat[6]. Menurut WHO pada tahun 2018, kasus tumor otak muncul dengan jumlah 5.232 dan sebanyak 4.229 kasus kematian, hal ini menyebabkan tumor otak sebagai kanker yang paling mematikan ke-15[7]. Untuk penyebab dari tumor otak sepenuhnya belum diketahui tetapi beberapa factor yang menjadi peningkatnya resiko tumor otak yakni pertama usia, dengan bertambahnya usia resiko mengidap tumor otak juga akan meningkat kedua keluarga, jika ada anggota keluarga yang pernah menderita tumor otak, maka resiko terkena tumor otak akan meningkat. Ketiga merokok, seorang perokok juga memiliki resiko terkena tumor otak yang tinggi juga. Keempat radiasi, paparan radiasi dapat meningkatkan resiko tumor otak. Keempat obat-obatan tertentu misalnya tamoxifen yang dipergunakan untuk mengobati kanker payudara. Kelima infeksi, beberapa virus seperti herpes simplex atau cytomegalovirus juga dapat meningkatnya tumor otak[8].

Beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan untuk mengklasifikasikan tumor otak misalnya penelitian yang dilakukan pada tahun 2020 yang menggunakan data citra sebesar 421 dengan pembagian data 213 untuk klasifikasi berdasarkan ukuran tumor otak dan 208 data citra berdasarkan tipe tumor otak yang menghasilkan akurasi 76% menggunakan metode ekstraksi fitur GLCM dan algoritma klasifikasi support vector machine (SVM)[9]. Pada penelitian dengan ekstraksi fitur menggunakan metode Data Wavelet Transform (DWT) dan metode *Adaptive Neighborhood Neural Network* yang menghasilkan akurasi 87.5% dengan jumlah data yang dieksekusi sebanyak 32 yang terdiri atas 8 citra normal dan 24 citra abnormal[10]. Penelitian tahun 2019 yang menggunakan 3064 gambar T1 dengan kontras yang ditingkatkan sebagai dataset yang diperoleh dari 233 pasien yang terdiri atas tiga jenis tumor otak yakni *Glioma* (1426), *Meningioma* (708), dan *Pituitary* (930) yang menghasilkan akurasi validasi sebesar 88.72% dan 85.56% menggunakan metode RF-PCA[11]. Penelitian selanjutnya yang dilakukan untuk proses klasifikasi citra tumor otak menggunakan algoritma metode *Naïve Bayes* yang menghasilkan akurasi sebesar 84.17% yang didapatkan dari 39 data citra yang terdiri atas 19 data abnormal dan 20 data normal [12].

GLCM merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan pemrosesan citra. Metode GLCM memiliki beberapa kelebihan diantaranya pengurangan beban komputasi dan mempertahankan pengenalan tetap tinggi dikarenakan proses kuantisasi membantu dalam penekanan noise citra pada tingkat keabuan yang lebih tinggi [13]. Metode ekstraksi ciri GLCM memiliki beberapa fitur yakni *contrast*, *correlation*, *energy*, dan *homogeneity* yang mempunyai efektifitas serta memiliki akurasi dan komputasi yang baik dari metode ekstraksi tekstur yang lainnya[14]. Metode GLCM ini merupakan ekstraksi fitur atau ciri yang paling baik dan telah terbukti sangat powerful sebagai *deskriptor* fitur dalam menampilkan suatu karakteristik tekstur fitur[15]. Dalam pemodelan klasifikasi citra sendiri ada beberapa algoritma yang umum digunakan antara lain seperti *K-Nearest Neighbor* (KNN), *support vector machine* (SVM), *Naïve Bayes* dan lain-lain. Dalam penelitian ini penulis menggunakan algoritma *Naïve Bayes* dikarenakan memiliki beberapa kelebihan seperti kecepatan, keakuratan, dan kesederhanaan[16]. Algoritma *Naïve Bayes* juga mampu mengeksekusi data kuantitatif dan

data diskrit[17], dalam proses klasifikasi *Naïve Bayes* tidak memerlukan data latih yang begitu banyak untuk mengestimasi parameter-parameter yang diperlukan, dan waktu proses kalkulasi juga cepat[18]. Berdasarkan hal tersebut maka tujuan penelitian ini mengimplementasikan GLCM dan *Naïve Bayes Classification* dalam mendeteksi tumor otak sekaligus mengetahui akurasi yang dihasilkannya melalui aplikasi berbasis WEB yang penulis buat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan menggunakan metode penelitian eksperimen merupakan metode penelitian yang paling berhasil karena jika dilakukan dengan benar dapat menjawab hipotesis yang terutama berkaitan dengan hubungan sebab akibat[19]. Lebih lanjut, penelitian eksperimen merupakan jenis penelitian yang memerlukan syarat yang lebih ketat dibandingkan dengan jenis penelitian lainnya. Hal ini karena sesuai dengan maksud peneliti yang menginginkan kepastian tentang variabel mana yang menyebabkan sesuatu terjadi dan variabel mana yang dipengaruhi oleh perubahan suatu kondisi percobaan[20]. Peneliti memilih jenis dan desain eksperimen ini dikarenakan sesuai dengan apa yang akan dianalisis, yakni data citra MRI tumor otak yang akan ditransformasi menjadi sudut angka dalam pemrosesan GLCM, kemudian dihitung dengan algoritma *naïve bayes*, selanjutnya dibuat sebuah web dimana akan mendeteksi seorang pasien terdapat tumor atau tidak. Metode penelitian kuantitatif juga membuat penelitian lebih terarah. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kaggle yang terdapat pada link: <https://bit.ly/3OiDTD6> dimana data ini telah terpublikasi pada tahun 2019.

Adapun alur dari penelitian ini akan dimulai dengan pengumpulan data citra hasil Magnetic resonance imaging (MRI) penyakit tumor otak dari situs website [www.kaggle.com](http://www.kaggle.com). Selanjutnya citra hasil Magnetic resonance imaging (MRI) penyakit tumor otak disederhanakan dengan cara diberikan efek grayscale untuk mengubah warna citra menjadi abu-abu dan diteruskan menjadi citra biner. Kemudian memasuki tahap ekstraksi fitur menggunakan Gray Level Dimana perhitungan meliputi 4 fitur yakni: *energi*, *kontras*, *correlation*, dan *homogenitas*. Data yang sudah melewati ekstraksi fitur diteruskan ke tahap modeling berupa klasifikasi dengan algoritma *naïve bayes*. Data yang diklasifikasi berupa angka yang telah dihasilkan dari 4 fitur ekstraksi GLCM dengan memiliki 2 kelas yakni tidak dan ya. Disini peneliti melakukan 3 skenario yakni:

Scenario 1 dengan pembagian data testing 20% dan data training sebesar 80 %.

Scenario 2 dengan pembagian data testing sebesar 50% dan data training sebesar 50%.

Scenario 3 dengan pembagian data testing sebesar 80% dan data training 20%.

Dari ke 3 skenario maka peneliti akan mendapatkan nilai akurasi Setelah melewati klasifikasi algoritma *naïve bayes*, maka akan didapatkan hasil klasifikasi. Hasil klasifikasi dari algoritma tersebut akan di evaluasi dengan *confusion matrix* untuk melihat hasil akurasi, presisi, dan recall yang didapat dari citra tersebut. Terakhir adalah tahap deploy berupa web. Disini penulis menggunakan framework flask untuk membangun web guna mendukung aktifitas proses yang ada

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil yang dilakukan peneliti terhadap data citra MRI tumor otak yakni seperti grayscale, ekstraksi fitur GLCM, dan deploy selain itu ada beberapa tambahan preprocessing seperti resize, peningkatan kontras, terhadap data, ini diperlukan untuk meningkatkan akurasi algoritma *naïve bayes*. Proses ini menggunakan Bahasa pemrograman python dengan library OpenCV, NumPy, Pandas, Scikit learn, dan matplotlib.

### Deskripsi Data

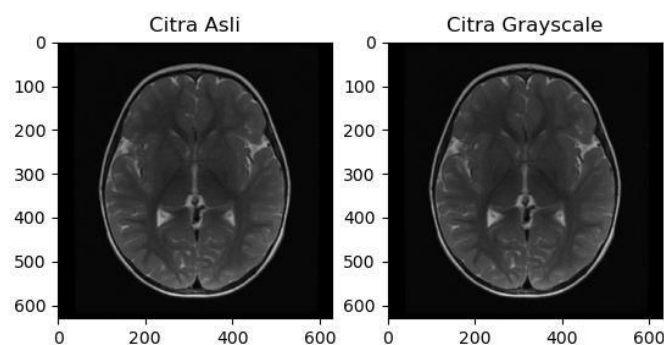
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah serangkaian data MRI (*Magnetic Resource Imaging*) tumor otak, citra-citra ini didapatkan dari website [www.kaggle.com](http://www.kaggle.com). Total terdapat 253 data pasien yang terdiagnosis tumor otak dan tidak, yang akan dimasukkan dalam studi ini. Setiap set citra MRI terdiri dari serangkaian potongan gambar yang memperlihatkan berbagai perspektif penampang sagittal (Citra sagittal menunjukkan struktur otak dari sisi, dengan citra melintang yang menjalur dari depan ke belakang melalui tengah otak) dan *coronal* (Citra *coronal* menampilkan struktur otak dari sisi, dengan citra melintang yang menjalur dari sisi ke sisi melalui tengah otak). Citra-citra ini kemudian akan dianalisis dan diproses menggunakan ekstraksi fitur GLCM dan algoritma naïve bayes.

### Analisis Data

Tahap preprocessing ini peneliti menggunakan salah satu tool yang disediakan anaconda versi 3 yaitu *jupyter-notebook* dikarenakan memang diperuntukkan untuk data preprocessing. Tahap ini menggunakan beberapa library seperti *pandas*, *os*, *opencv*, *numpy*, *csv*, *skimage*, dan *matplotlib*.

### Grayscale

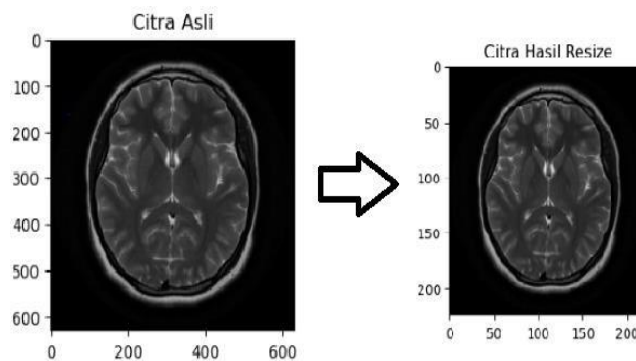
Pada tahapan grayscale yang dilakukan pertama kali yaitu membaca citra yang berada dalam folder dengan menggunakan sebuah package yang disediakan oleh library *skimage*, citra yang berhasil di baca akan diubah menjadi grayscale dan menggunakan library *matplotlib* untuk menampilkan citra yang berhasil diubah. Disini juga menggunakan library *matplotlib* yang dialiasikan atau disingkat menjadi *plt*, agar dapat memunculkan citra hasil proses grayscale dengan perintah *plt.imshow()*. Pada proses grayscale ini dilakukan dengan cara membaca citra dan mengambil parameter 0 yakni saluran intensitas (*single channel*) dari saluran *red*, *green*, dan *blue*. Adapun hasil dari keseluruhan proses grayscale dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Citra sebelum dan sesudah proses grayscale

### Resize

Tahap pengubah ukuran atau *resize* citra dilakukan agar ukuran semua data citra seragam dengan perintah *resize()* yang disediakan oleh *opencv*. Disini menggunakan ukuran 224 agar didapatkan ukuran dari sumbu *y* dan sumbu *x*. Source code dapat dilihat pada gambar 4.4. perintah *plt.imshow()* sebagai perintah untuk menampilkan hasil *resize* citra dan adapun hasil *resize* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil resize

### Ekstraksi Fitur GLCM Dengan Python

Pada tahap awal perhitungan dalam python memanggil beberapa library yang di butuhkan seperti os, pandas, dan beberapa package di dalam *skicit-image (skimage)*, yakni *io* dan *feature*. Selanjutnya akan dibuatkan suatu inputan berupa data citra tumor otak di dalam folder dengan menggunakan package dari *skimage*, yakni *io*. Hasil dari perhitungan ekstraksi fitur GLCM yang berhasil di ekspor melalui python terangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Ekstraksi fitur glcm

Filename	Contrast	Homogeneity	Energy	Correlation
1 no.jpeg	207.4975	0.440421	0.238318	0.920686
10 no.jpg	52.28167	0.430891	0.230992	0.983569
11 no.jpg	286.1676	0.729486	0.669118	0.896853
12 no.jpg	194.9574	0.636163	0.549656	0.964179
No18.jpg	174.9979	0.282958	0.076391	0.958586
.....	.....	.....	.....	.....
No20.jpg	263.2161	0.293769	0.069295	0.925461
No21.jpg	557.4066	0.467811	0.200801	0.912619
No22.jpg	174.4156	0.37076	0.106122	0.944884

Dari hasil *dataframe* yang telah diekspor menjadi format csv didapatkan kolom yang berisi nama file, contrast, homogeneity, energy, dan correlation dan untuk pelabelan citra masih dilakukan secara manual dimana untuk file csv folder no tumor di berikan label '0' sedangkan untuk file csv folder tumor dilabel dengan '1'. Kedua file csv tersebut digabungkan menjadi satu file csv seperti pada tabel 2

Tabel 2. Ekstraksi fitur glcm no tumor dan tumor

Contrast	Homogeneity	Energy	Correlation	label
120.58	0.383929	0.095486	0.987272	1
192.5643	0.389111	0.130509	0.976498	1
168.2429	0.417593	0.114098	0.956411	1
573.71	0.51418	0.170327	0.908505	1
.....	.....	.....	.....	.....
181.7596	0.258434	0.06694	0.95366	0
263.2161	0.293769	0.069295	0.925461	0
557.4066	0.467811	0.200801	0.912619	0

174.4156	0.37076	0.106122	0.944884	0
----------	---------	----------	----------	---

### Analisis Hasil

Untuk mengetahui akurasi yang dihasilkan oleh GLCM dan Naïve Bayes Classification dalam mendeteksi tumor otak, maka peneliti akan melakukan 3 skenario pengujian yaitu:

a. Skenario 1:

Pada skenario pertama ini menggunakan data training sebesar 202 dan 51 data testing. Jumlah *True Positif* (TP) sebesar 27 data yang diprediksi sebagai kelas 0 atau tidak tumor otak dan hasil sesuai dengan true label atau label sebenarnya, lalu *False Positif* (FP) sebanyak 8 data yang diprediksi sebagai kelas 0 tetapi data true labelnya adalah 1. Berikutnya jumlah *False Negative* (FN) sebesar 2 yang diprediksi kelas 1 tetapi hasilnya salah sedangkan *True negative* (TN) berjumlah 14 data yang diprediksi sebagai kelas 1 dan hasilnya sesuai dengan true label atau hasil sebenarnya. Akurasi yang didapatkan sebesar 80%, presisi sebesar 77%, sedangkan untuk recallnya sebesar 93%.

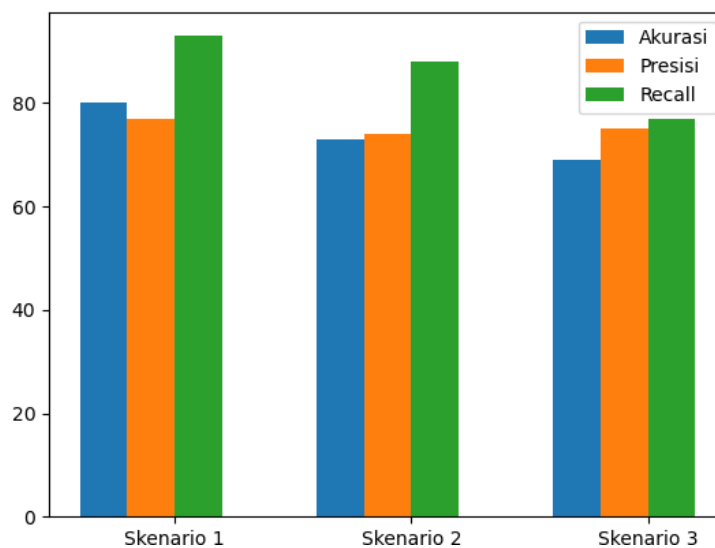
b. Skenario 2:

Pada skenario kedua ini data testing yang digunakan sebanyak 126 data dan data training yang digunakan sebanyak 127 data. Dimana menghasilkan *True Positif* (TP) sebesar 70 diprediksi sebagai kelas 0 atau kelas tidak tumor yang sesuai dengan true label atau label sebenarnya, sedangkan *False Positif* (FP) sebesar 24 yang diprediksi sebagai kelas 0 sedangkan label sebenarnya adalah 1. Kemudian *True Negatif* (TN) sebanyak 23 yang diprediksi sebagai kelas 1 sesuai dengan true label atau label sebenarnya, lalu *False Negatif* (FN) sebesar 10 yang diprediksi sebagai kelas 1 tetapi true label adalah 0. Akurasi yang didapatkan sebesar 73%, presisi 74% dan recall 88%.

c. Skenario 3:

Pada skenario terakhir atau skenario ketiga dimana menggunakan data testing sebesar 80 %, yakni 203 data dan data training sebesar 20% atau sebanyak 50. Jumlah *True Positif* (TP) sebesar 98 data yang diprediksi sebagai kelas 0 atau tidak tumor sesuai dengan true label atau label sebenarnya, sedangkan *False Positif* (FP) sebesar 32 yang diprediksi sebagai kelas 0 tetapi pada true label adalah 1. Jumlah *True Negatif* (TN) sebesar 43 data yang diprediksi sebagai kelas 1 sesuai dengan true label atau label sebenarnya, lalu *False Negatif* (FN) berjumlah 30 yang diprediksi sebagai kelas 1 tetapi pada true label adalah 0. Akurasi sebesar 69%, presisi 75%, dan recall 77%.

Adapun visualisasi perbandingan dari ketiga skenario diatas berupa grafik bar yang ditunjukkan pada gambar 3



**Gambar 3.** Perbandingan 3 skenario

## KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian diatas, yakni akurasi yang paling baik didapatkan algoritma naïve bayes adalah 80% yang dimiliki pada skenario pertama dengan data testing 20% dan data training 80%. Dibangun sebuah web yang mengimplementasikan ekstraksi fitur glcm dan algoritma naïve bayes untuk dimanfaatkan oleh para tenaga medis dalam mendiagnosa pasien tumor otak dengan efisien dan objektif

## SARAN

Pada penelitian ini peneliti menyadari beberapa kekurangan, yakni pertama ekstraksi fitur GLCM yang disarankan masih kurang efektif dalam mengekstraksi tekstur citra tumor otak, jadi peneliti mengharapkan untuk peneliti berikutnya menggunakan CNN atau Convolutional Neural Network karena dianggap lebih efektif dalam menangani citra. Untuk implementasi agar lebih ditingkatkan bukan lagi sebuah website tetapi menjadi sebuah aplikasi android

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. D. Prebiana and L. G. Astuti, "Penerapan Metode Certinty Factor(Cf) Dalam Pembuatan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tumor Otak," *JELIKU (Jurnal Elektron. Ilmu Komput. Udayana)*, vol. 8, no. 3, p. 315, 2020, doi: 10.24843/jlk.2020.v08.i03.p14.
- [2] A. Digdoyo, T. Surawan, A. S. B. Karno, D. R. Irawati, and Y. Effendi, "Deteksi Tumor Otak Menggunakan Metode Deep Learning Arsitektur CNN Resnet-152," *J. Teknol.*, vol. 9, no. 2, pp. 23–31, 2022, doi: 10.31479/jtek.v9i2.128.
- [3] M. Ghazali and H. Sumarti, "Pengobatan Klinis Tumor Otak pada Orang Dewasa," *J. Phi J. Pendidik. Fis. dan Fis. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–14, 2021, doi: 10.22373/p-jpft.v2i1.8302.
- [4] I. B. L. M. Suta, M. Sudarma, and I. N. Satya Kumara, "Segmentasi Tumor Otak Berdasarkan Citra Magnetic Resonance Imaging Dengan Menggunakan Metode U-NET," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 2, p. 151, 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i02.p05.
- [5] R. Andre R, B. Wahyu P, and R. Purbaningtyas, "Klasifikasi Tumor Otak Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur Efficientnet-B3," *JUST IT J. Sist. Informasi, Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 12, no. 3, pp. 55–59, 2022, doi: 10.24853/justit.12.3.55-59.
- [6] P. F. K. Pertiwi, N. P. Sriwidyani, N. P. Ekawati, and H. Saputra, "Karakteristik Klinikopatologi Pasien Tumor Otak Dan Medula Spinalis Pada Anak Di Rsup Sanglah Denpasar Tahun 2014 –2018," *J. Med. Udayana*, vol. 9, no. 10, pp. 6–8, 2020, doi: 10.24843.MU.2020.V9.i10.P15.
- [7] A. A. Pravitasari *et al.*, "MRI-based brain tumor segmentation using gaussian and hybrid gaussian mixture model-spatially variant finite mixture model with expectation-maximization algorithm," *Malaysian J. Math. Sci.*, vol. 14, no. 1, pp. 77–93, 2020.
- [8] P. Elkington *et al.*, "In vitro granuloma models of tuberculosis: Potential and challenges," *J. Infect. Dis.*, vol. 219, no. 12, pp. 1858–1866, 2019, doi: 10.1093/infdis/jiz020.
- [9] T. A. Mutiara and Q. N. Azizah, "Klasifikasi Tumor Otak Menggunakan Ekstraksi Fitur HOG dan Support Vector Machine," *J. Infortech*, vol. 4, no. 1, pp. 45–50, 2022, doi: 10.31294/infortech.v4i1.12813.
- [10] L. W. Astuti, "Ekstrasi Fitur Citra MRI Otak Menggunakan Data Wavelet Transform (DWT) untuk Klasifikasi Penyakit Tumor Otak," *J. Ilm. Inform. Glob.*, vol. 10, no. 2, pp.

- 80–86, 2019, doi: 10.36982/jiig.v10i2.854.
- [11] V. Saraswathi and D. Gupta, “Classification of Brain Tumor using PCA-RF in MR Neurological Images,” *2019 11th Int. Conf. Commun. Syst. Networks, COMSNETS 2019*, vol. 2061, pp. 440–443, 2019, doi: 10.1109/COMSNETS.2019.8711010.
  - [12] F. Akbar, A. N. Rais, I. A. Sobari, R. A. Zuama, and B. Rudiarto, “Analisis Performa Algoritma *Naive Bayes* Pada Deteksi Otomatis Citra Mri,” *JITK (Jurnal Ilmu Pengetah. dan Teknol. Komputer)*, vol. 5, no. 1, pp. 37–42, 2019, doi: 10.33480/jitk.v5i1.586.
  - [13] E. Rachmawati, N. A. Agustina, and F. Sthevanie, “Pengenalan Ras Berdasarkan Hidung Dan Mulut Menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrix,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 4, p. 729, 2021, doi: 10.25126/jtiik.2021844366.
  - [14] S. A. Sinaga and P. Marpaung, “Ekstrak Ciri Komunikasi Nonverbal Menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrix,” *Inform. J. Inform. Manaj. dan Komput.*, vol. 12, no. 2, p. 43, 2020, doi: 10.36723/juri.v12i2.230.
  - [15] Y. F. Achmad, A. Yulfitri, and M. B. Ulum, “Identifikasi Jenis Jerawat Berdasarkan Tekstur Menggunakan GLCM dan Backpropagation,” *J. SAINTIKOM (Jurnal Sains Manaj. Inform. dan Komputer)*, vol. 20, no. 2, p. 139, 2021, doi: 10.53513/jis.v20i2.4747.
  - [16] F. Prasetya and F. Ferdiansyah, “Analisis Data Mining Klasifikasi Berita Hoax COVID 19 Menggunakan Algoritma *Naive Bayes*,” *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 4, no. 1, p. 132, 2022, doi: 10.30865/json.v4i1.4852.
  - [17] H. Budi Jatmiko, N. Tedi Kurniadi, and D. Maulana, “Optimasi *Naive Bayes* Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Analisis Sentimen Formula E-Jakarta,” *JACIS J. Autom. Comput. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–30, 2022, doi: 10.47134/jacis.v2i1.35.
  - [18] K. Prajatama, F. E. Nugroho, A. F. Sentosa, S. Fauziah, and A. D. Hartanto, “Deteksi Kualitas Buah Apel Malang Manalagi Menggunakan Algoritma *Naive Bayes*,” *e-Jurnal JUSITI (Jurnal Sist. Inf. dan Teknol. Informasi)*, vol. 8–1, no. 1, pp. 32–38, 2019, doi: 10.36774/jusiti.v8i1.598.
  - [19] M. E. A. Hubbannuari and H. Hartatik, “Analisis Sentimen Pengguna Twitter Terhadap Layanan Anteraja Dan Sicepat Menggunakan Algoritma *Naive Bayes*,” *JACIS J. Autom. Comput. Inf. Syst.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–26, 2023, doi: 10.47134/jacis.v3i1.53.
  - [20] A. F. Prakoso, N. Trisnawati, Y. Soesatyo, W. Tjipto Subroto, and N. Canda Sakti, “Keefektifan Pemantapan Kemampuan Guru SMK dalam Menulis Proposal Penelitian Eksperimen,” *J. Pemberdaya. Masy. Madani*, vol. 3, no. 1, pp. 59–82, 2019, doi: 10.21009/jpmm.003.1.05.