

KLASIFIKASI HASIL MRI TUMOR OTAK DENGAN EKTRAKSI FITUR GRAY LEVEL CO-OCCURANCE MATRIX (GLCM)

¹⁾ Fari Katul Fikriah, ²⁾ Amelia Devi Putri Ariyanto, ³⁾ Arif Fitra Setyawan

^{1,2,3)}Sistem dan Teknologi Informasi, Fakultas Keperawatan Bisnis dan Teknologi,
Universitas Widya Husada Semarang

^{1,2,3)}Jl. Subali Raya No. 12, Krapyak, Kec. Semarang Barat, Kota Semarang– Jawa Tengah - Indonesia

E-mail : farichatulfikriyah45@gmail.com, ameliadev26@gmail.com, arif.fitra.setyawan@uwhs.ac.id

ABSTRAK

Bagian penting dari tubuh adalah otak yang mana menjadi sumber dari semua alat tubuh yang terletak dalam rongga tengkorak, tumor otak merupakan salah satu penyakit yang dapat menyerangnya. Pendeteksian tumor otak adalah salah satu aspek yang dinilai penting dalam diagnosa medis. Pada penelitian ini memiliki tujuan melakukan implementasi ekstraksi fitur GLCM (*Gray Level Co-occurrence Matrix*) pada citra MRI tumor otak serta mencari performa algoritma yang paling baik dari deteksi tumor otak menggunakan citra MRI ini. Data yang dipakai pada penelitian ini merupakan data *public* yang berasal dari *kaggle.com*. Proses ekstraksi fitur pada citra digunakan pada penelitian ini GLCM yang mana memiliki fungsi menghitung frekuensi dari nilai intensitas piksel yang berjarak antar citra dengan menggunakan parameter 0° , 45° , 90° , 135° . Tahap selanjutnya pada penelitian ini adalah dengan melakukan langkah preprocessing dengan selanjutnya mencari nilai klasifikasi dari hasil MRI menggunakan algoritma *Naïve Bayes*, *C4.5* dan *Neural Network*. Hasil yang didapatkan memperlihatkan bahwa *Naïve Bayes* memiliki performa algoritma paling baik dibandingkan *C4.5* dan *Neural Network* yaitu dengan akurasi algoritma *Naïve Bayes* sebesar 96.8%, sedangkan untuk algoritma *C4.5* sebesar 41.5% dan *Neural Network* sebesar 38.25%. selain hal tersebut pada penelitian ini membuktikan bahwa dengan ekstraksi fitur GLCM terbukti efektif dalam menangkap informasi tekstur dari citra MRI yang sangat penting pada klasifikasi tumor otak.

Kata Kunci: tumor otak, GLCM, *Naïve Bayes*, *C4.5*, *Neural Network*.

ABSTRACT

An important part of the body is the brain which is the source of all the body's organs in the skull cavity. Brain tumors are one of the diseases that can attack it. Detection of brain tumors is one aspect that is considered important in medical diagnosis. This research aims to implement GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) feature extraction on MRI images of brain tumors and to find the best algorithm performance for detecting brain tumors using these MRI images. The data used in this research is public data originating from kaggle.com. The feature extraction process in pictures used in this research is GLCM, which has the function of calculating the frequency of pixel intensity values that are spaced between images using parameters 0° , 45° , 90° , and 135° . The next stage in this research is to carry out preprocessing steps and then look for classification values from the MRI results using the Naïve Bayes, C4.5, and Neural Network algorithms. The results obtained show that Naïve Bayes has the best algorithm performance compared to C4.5 and Neural Network, namely with an accuracy of the Naïve Bayes algorithm of 96.8%, while for the C4.5 algorithm it is 41.5% and the Neural Network is 38.25%. Apart from this, this study proves that GLCM feature extraction has proven effective in capturing texture information from MRI images which is very important in brain tumor classification.

Keyword: Brain Tumor, GLCM, *Naïve Bayes*, *C4.5*, *Neural Network*.

PENDAHULUAN

Otak merupakan salah satu alat tubuh yang nilai sangat penting dan juga merupakan sumber atau pusat dari semua alat tubuh yang terletak dalam rongga tengkorak. Alat tubuh ini juga memiliki fungsi mengendalikan sistem saraf yang ada pada tubuh manusia. Dengan adanya fungsi tersebut, jika otak terganggu dengan salah satu penyakit maka kinerja otak tidak bisa

maksimal. Seperti jika ada penyakit tumor otak [1]. Tumor otak merupakan penyakit yang terdiri dari sekelompok sel yang berkembang di otak yang timbul dari otak itu sendiri. Setelah tekanan darah tinggi, stroke, diabetes dan penyakit ginjal, tumor menempati urutan kelima sebagai penyebab utama kematian yang ada di Indonesia [2]. Mendeteksi tumor otak merupakan salah satu aspek yang dinilai sangat penting dari diagnosis medis, dengan alasan

bahwa penyakit ini dapat menyebabkannya kerusakan signifikan pada otak serta memiliki potensi dapat menyebabkan kematian penderitanya [3]. Citra atau gambar MRI (*Magnetic Resonance Image*) digunakan untuk deteksi penyakit tumor. MRI merupakan landasan pencitraan tumor otak yang memiliki peran penting dalam semua fase manajemen pasien, mulai dari diagnosis, perencanaan terapi, hingga respons pengobatan dan/atau penilaian kekambuhan. Mengetahui aspek teknis, kekuatan dan batasan dari setiap teknik MR sangat penting untuk menafsirkan studi MR otak dengan benar dan untuk mengarahkan dokter pada strategi pengobatan terbaik [4].

Penelitian ini mengangkat judul klasifikasi tumor otak dengan menggunakan ekstraksi fitur yaitu GLCM atau biasa disebut dengan *Gray Level Co-Occurance Matrix* pada Citra MRI. Ekstraksi fitur merupakan langkah transformasi data menjadi vektor fitur berdimensi rendah, guna mengurangi jumlah sumber daya yang diperlukan untuk mendeskripsikan kumpulan data besar yang memungkinkan representasi konten gambar sesempurna mungkin [5]. Ekstraksi Fitur mengubah data untuk memproyeksikannya ke dalam ruang fitur baru dengan dimensi yang lebih rendah. Ekstraksi fitur juga pakai untuk mendeskripsikan sekaligus memberikan representasi data yang berasal dari beberapa fitur [6]. Proses ekstraksi fitur pada citra biasanya dilakukan dengan analisis tekstur menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dengan fungsi prinsip menghitung probabilitas tetangga terdekat antara sudut tertentu orientasi beserta dengan jarak dua piksel. Pendekatan ini membangun matriks kejadian bersama data gambar, yang pada gilirannya menentukan fitur sebagai matriks fungsi dari gambar-gambar itu [7]. Pada penelitian ini Ekstraksi fitur yang dipakai yaitu GLCM yang memiliki fungsi untuk

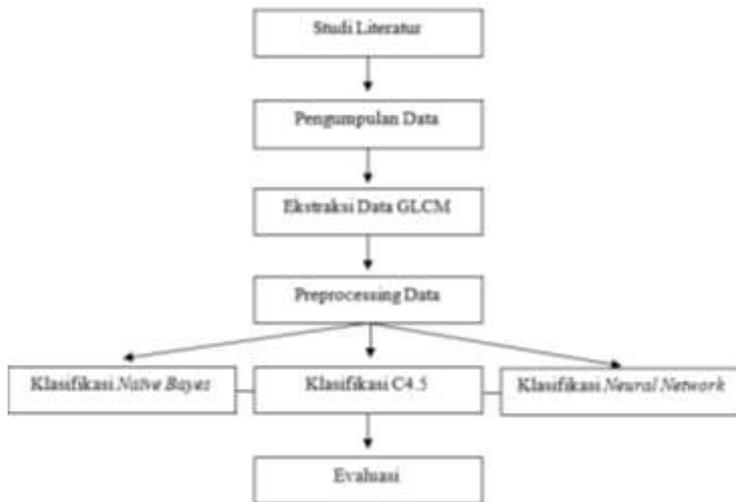
menerjemahkan atau menggambarkan setiap unsur pada citra MRI. Adapun unsur yang dipakai adalah *energy*, *contrast*, *homogeneity* dan *correlation*. Hasil dari ekstraksi fitur yang didapatkan akan dilakukan analisis serta pengolahan dengan menggunakan komparasi model algoritma *Naïve Bayes*, *C4.5* serta *Neural Network* dengan tujuan yaitu membentuk dan membangun sistem klasifikasi deteksi tumor otak yang berasal dari Citra MRI serta mencari algoritma terbaik pada kasus ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Nafi' Maula Hakim et al [8] menjelaskan pentingnya memprediksi atau klasifikasi tumor otak, pada penelitian tersebut prediksi dilakukan dengan menggunakan metode atau algoritma *Convolution Neural Network* dengan jumlah dataset 300 serta akurasi yang didapatkan sebesar 85%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Jajang Sofian et al [1] dengan permasalahan yang sama yaitu klasifikasi dari penyakit tumor otak, sedangkan metode yang pakai yaitu ekstraksi fitur GLCM serta *Image Threshold* dan pada penelitian ini hanya menggunakan algoritma yaitu algoritma klasifikasi K-NN dan pada penelitian ini tidak menggunakan perbandingan algoritma.. Deteksi tumor otak pada penelitian tersebut juga menggunakan hasil citra MRI. Ekstraksi fitur GLCM pada penelitian ini digunakan untuk mengekstraksi ciri suatu gambar atau citra hasil MRI. Hasil akurasi yang didapatkan yaitu nilai MSE sebesar 83,33% sedangkan nilai MAE menunjukkan nilai sebesar 16,6%.

Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian ini memiliki tujuan yaitu melakukan implementasi ekstraksi fitur GLCM pada citra MRI tumor otak serta mencari performa algoritma yang paling baik dari deteksi tumor otak menggunakan citra MRI ini.

METODE

Bagian ini berisi beberapa prosedur penelitian yang akan dilakukan, langkah-langkah berikut dengan mekanisme dalam implementasi ekstraksi fitur dan penerapan algoritma yang akan dilakukan. Penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahap sebagai berikut:



Gambar1. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian di atas sebagaimana dijelaskan berikut ini

a. Studi Literatur

Tahap studi literatur ini peneliti mempelajari teori terkait. tahapan ini juga merupakan tahap guna menyelesaikan permasalahan dalam penelitian dengan jalan menelusuri sumber-sumber terkait dengan penelitian yang dilakukan.

b. Pengumpulan Data

Tahap setelah studi literatur pada penelitian ini merupakan pengumpulan data yang mana data yang dipakai adalah berasal dari Kaggle dataset yang terbagi menjadi 4 jenis tumor yaitu *Glioma tumor*, *no-tumor*, *meningioma tumor* serta *pituitary tumor*. Dataset ini merupakan data gambar

c. Ekstraksi Data GLCM

Ekstraksi data GLCM ini merupakan Langkah pada penelitian dimana

melibatkan proses pengambilan informasi dalam konteks pemrosesan gambar atau citra. Data ekstraksi yang diambil ada beberapa hal yaitu *contrast*, *correlation*, *entropy* serta *energy*. Ekstraksi data ini dilakukan dengan menggunakan tools Matlab. Ekstraksi fitur ini merupakan langkah penting dalam analisis tekstur citra serta hasilnya dapat memberikan wawasan. Adapun penjelasan fitur tersebut sebagai berikut [9] :

Contrast, adalah perbedaan tingkat warna grayscale yang direpresentasikan oleh fitur dimana biasanya muncul dalam gambar melalui pasangan piksel yang mana saling berdekatan antara satu dengan yang lain. Formula *contrast* sebagai berikut:

$$Contrast = \sum_{i,j} (i - j)^2 p_{i,j}$$

Correlation, merupakan fitur yang mewakili hubungan linier derajat gambar abu-abu dengan korelasi antara -1 sampai 1. Persamaan correlation sebagai berikut:

Correlation

$$= \sum_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)p(i,j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

Energy, disebut sebagai derajat kemiripan antar piksel yang ada pada gambar. Dengan nilai semakin tinggi nilai energi pada gambar maka semakin tinggi kesamaan antar piksel. Rumus persamaan sebagai berikut:

$$Energy = \sum_i \sum_j p(i,j)^2$$

Homogeneity, berguna untuk mengukur homogenitas variasi intensitas gambar.

$$Homogeneity = \sum_i \sum_j \frac{p(i,j)}{1 + |i - j|}$$

d. *Preprocessing Data*

Preprocessing data merupakan Langkah

penting dalam penelitian ini dimana Langkah ini merupakan salah satu Langkah yang bertujuan untuk membersihkan data dari data yang ganda atau data yang masih kosong, menstrasformasikan data serta mempersiapkan data mentah sebelum dilakukan analisis. Pada penelitian ini dilakukan setelah melakukan ekstraksi data GLCM yaitu meliputi beberapa tahapan diantaranya memahi deta dengan mengidentifikasi sumber yang ada, membagi kedalam dua dataset yaitu dataset pelatihan atau *training dataset* dan dataset pengujian atau disebut dengan testing dataset. Pada Langkah ini juga memiliki tujuan yaitu membantu meningkatkan kualitas dari data agar performa algoritma semakin baik.

e. Implementasi Klasifikasi

Tahap penelitian ini merupakan penerapan algoritma klasifikasi dengan membandingkan algoritma *Naïve Bayes*, C4.5 dan *Neural Network*. Tujuan pada langkah ini adalah guna menentukan algoritma paling efektif digunakan untuk studi kasus yang dilakukan serta memberikan kinerja serta karakteristik pada masing-masing algoritma agar sesuai dengan tujuan penelitian serta karakteristik data.

f. Evaluasi

Langkah evaluasi ini menerapkan metode *confusion matrix*. Tujuan dari langkah ini adalah berguna untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi. Pada langkah ini memungkinkan untuk melihat sejauh mana model mampu memprediksi kelas target dengan benar dan mengidentifikasi kesalahan yang dilakukan. Rumus atau formula pada *confusion matrix* yaitu:

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

Keterangan:

TP	: nilai <i>True Positive</i>
FN	: nilai <i>False Negative</i>
FP	: nilai <i>False Positive</i>
TN	: nilai <i>True Negative</i>

HASIL

penelitian ini berasal dari pengolahan dataset citra MRI otak yang merupakan dataset publik dari Kaggle.com. adapun pembahasan dijelaskan di bawah ini:

Studi Literatur

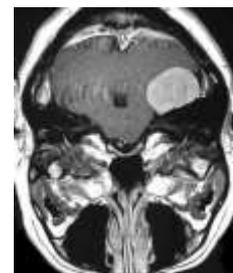
Langkah studi literatur dijabarkan sebagai tinjauan dari penelitian sebelumnya. Pada bagian ini juga didefinisikan sebagai bagian yang penting untuk dilakukan pada penelitian dengan tujuan yaitu guna memahami serta melakukan evaluasi dari penelitian sebelumnya yang dinilai relevan dengan penelitian yang berkaitan dengan klasifikasi tumor otak menggunakan ekstraksi GLCM pada citra MRI.

Pengumpulan Data

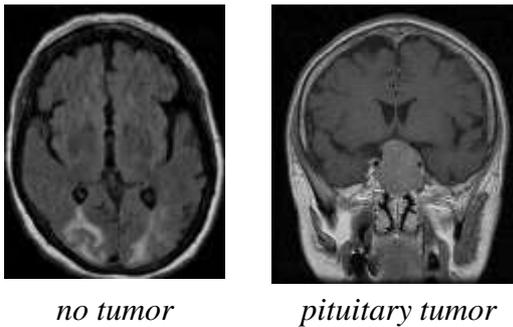
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra MRI otak dari dataset publik Kaggle. Sumber data yang utama merupakan dataset hasil MRI yang mana tersedia pada repositori medis dengan akses terbuka guna keperluan penelitian. Dataset ini mencakup beberapa class tumor atau jenis tumor yaitu *glioma tumor*, *no tumor*, *meningioma tumor* serta *pituitary tumor* seperti contoh data di bawah ini:



Glioma Tumor



meningioma tumor



no tumor pituitary tumor

Gambar 2. Contoh dataset

Akses dataset diunduh dari repositori publik dengan contoh data seperti di atas dengan banyak data pelatihan *glioma tumor* sebanyak 826 data, *meningioma tumor* sebanyak 822 data, *no tumor* sebanyak 395 data dan *pituitary tumor* sebanyak 827 data. Sedangkan data pengujian *glioma tumor* sebanyak 100 data, *meningioma tumor* sebanyak 115 data, *no tumor* sebanyak 105 data dan *pituitary tumor* 74 data.

Ekstraksi Data GLCM

Langkah ekstraksi fitur ini merupakan langkah yang dinilai penting pada penelitian ini, sebelum dilakukan proses ekstraksi, citra MRI dilakukan *resizing* data dan kemudian diolah dengan menggunakan *tools* matlab sebagaimana salah satu contoh dari data berikut ini:

	0	45	90	135	Average
Contrast	0.23211	0.31213	0.18168	0.33519	0.26528
Correlation	0.91199	0.88185	0.93111	0.87312	0.89952
Energy	0.30662	0.29576	0.31479	0.2944	0.30289
Homogeneity	0.92279	0.90612	0.9337	0.90441	0.91676

Gambar 3. Proses Ekstraksi data GLCM

GLCM ini merupakan matriks yang digunakan untuk menghitung frekuensi dari nilai intensitas piksel yang berjarak antar citra. Parameter yang dipakai yaitu 0° , 45° , 90° , 135° . GLCM dikalkulasi pada setiap kombinasi antara jarak

dan arah yang mana menggambarkan hubungan spasial piksel pada citra.

Preprocessing Data

Preprocessing data merupakan langkah yang esensial pada penelitian ini. Pada langkah yaitu melakukan transformasi terhadap data yang ada atau hasil dari ekstraksi data sampai siap untuk dilakukan langkah implementasi kedalam klasifikasi atau algoritma klasifikasi.

Implementasi Klasifikasi

Penelitian ini melakukan perbandingan 3 algoritma dengan harapan mencari algoritma terbaik dari ketiganya, yakni algoritma *Naïve Bayes*, *C4.5* dan *Neural Network*. Algoritma *Naïve Bayes* merupakan algoritma yang berusaha mengklasifikasi atau melakukan penggolongan probabilistik yang sederhana dengan berdasarkan dari penerapan teorima bayes [10]. Pada penelitian ini hasil yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 1. Summary Algoritma *Naïve Bayes*

<i>Correctly classified instance</i>	96.8%
<i>Incorrectly classified instance</i>	3.2%
<i>Kappa statistic</i>	0.944
Rata-rata dari <i>absolute error</i>	0.273
<i>RMSE</i> atau nilai <i>Root mean squared error</i>	0.1116
<i>RAE</i> atau nilai <i>Relative absolute error</i>	9.5343
<i>RRSE</i> atau nilai <i>Root relative squared error</i>	29.6585

Tabel di atas menjelaskan bahwa hasil akurasi dari algoritma *Naïve Bayes* sebesar 96.8%. Nilai tersebut dinilai lumayan tinggi. Sedangkan algoritma *C4.5* yang merupakan algoritma klasifikasi yang mana merupakan algoritma pohon keputusan yang disajikan oleh pengembang yang sama dengan menggunakan

informasi rasio keuntungan dan sebagai kriteria pemisahan [11]. Algoritma ini juga salah satu algoritma data mining yang merupakan perpanjangan dari ID3 guna menghasilkan pohon keputusan seperti Chart [12]. Pohon keputusan pada algoritma ini dibangun dengan membagi data yang ada secara rekursif hingga setiap bagian terdiri dari data dari kelas yang sama [13]. Adapun hasil dari algoritma ini sebagai berikut:

Tabel 2. Summary Algoritma C4.5

<i>Correctly classified instance</i>	41.5%
<i>Incorrectly classified instance</i>	58.5%
<i>Kappa statictic</i>	0.22
Rata-rata dari <i>absolute error</i>	0.3196
<i>RMSE</i> atau nilai <i>Root mean squared error</i>	0.4337
<i>RAE</i> atau nilai <i>Relative absolute error</i>	84.5134
<i>RRSE</i> atau nilai <i>Root relative squared error</i>	100.16

Tabel hasil algoritma C4.5 di atas menunjukkan bahwa performa algoritma C4.5 pada kasus Klasifikasi tumor otak menggunakan citra MRI hanya sebesar 41.5%. hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritma ini lebih lemah untuk kasus pada penelitian ini dibandingkan dengan algoritma *Naïve Bayes*. Sedangkan untuk algoritma *Neural Network* yang mana pada masalah klasifikasi algoritma ini dapat memberikan estimasi langsung terhadap probabilitas posterior yang mana memiliki kemungkinan memiliki *output* untuk digabungkan pada pengambilan keputusan tingkat yang lebih tinggi. *Neural Network* merupakan model *Machine Learning* yang sama karena hasil tiruan dari aspek pembelajaran berasal dari pengalaman di masa lalu dengan harapan untuk melakukan prediksi di masa depan [14] dan biasa digunakan untuk

klasifikasi data, informasi, atau gambar [15]. Adapun hasil dari algoritma ini sebagai berikut:

Tabel 3. Summary Algoritma Neural Network

<i>Correctly classified instance</i>	38.25%
<i>Incorrectly classified instance</i>	61.75%
<i>Kappa statictic</i>	0.1767
Rata-rata dari <i>absolute error</i>	0.342
<i>RMSE</i> atau nilai <i>Root mean squared error</i>	0.4192
<i>RAE</i> atau nilai <i>Relative absolute error</i>	91.2028
<i>RRSE</i> atau nilai <i>Root relative squared error</i>	96.807

Hasil pada tabel di atas menunjukkan bahwa algoritma *Neural Network* lebih kecil performanya jika dilakukan perbandingan dengan algoritma lain yaitu *Naïve Bayes* dan C4.5. Untuk lebih rinci nilai dari ketiga algoritma di tunjukkan berikut:

Tabel 4. Hasil Perbandingan Algoritma

Keterangan	<i>Naïve Bayes</i>	C4.5	<i>Neural Network</i>
Akurasi	96.8%	41.5%	38.25%
Presisi	0.937	0.381	0.325
<i>Recall</i>	0.968	0.415	0.383

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa algoritma *Naïve Bayes* dapat menjadi algoritma yang efektif dalam kasus penelitian klasifikasi tumor otak dengan menggunakan citra MRI, dimana dapat digunakan untuk membantu dalam diagnose awal serta penentuan perencanaan perawatan serta pemberian penanganan yang tepat.

KESIMPULAN

Penelitian ini dengan menggunakan ekstraksi fitur GLCM memberikan hasil bahwa GLCM terbukti efektif dalam menangkap

informasi tekstur dari citra MRI yang sangat penting pada klasifikasi tumor otak. Selain itu, penelitian ini juga melakukan evaluasi pada performa algoritma yaitu algoritma *Naural Network*, algoritma *Naïve Bayes*, serta C4.5. Berdasarkan analisis hasil yang didapatkan adalah algoritma *Naïve Bayes* menunjukkan performa terbaik dibandingkan dengan algoritma yang lain yakni algoritma *Neural Network* dan C4.5 dengan nilai akurasi *Naïve Bayes* sebesar 96.8%. Algoritma *Naïve Bayes* dinilai memberikan hasil nilai presisi serta nilai recall yang lebih baik dan tinggi dibandingkan dengan algoritma *Neural Network* serta C4.5 serta mampu menangkap korelasi yang kompleks antar fitur yang ada dalam citra MRI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Sofian and R. H. Laluma, "Klasifikasi Hasil Citra MRI Otak untuk Memprediksi Jenis Tumor Otak dengan Metode Image Threshold dan GLCM menggunakan Algoritma K-NN (Nearest Neighbor) Classifier Berbasis Web," *Jurnal Infotronik*, p. 2, 2019.
- [2] A. S. B. Karno, W. Hastomo, D. Arif, I. S. K. Wardhana, N. Kamilia, R. Yulianto, A. Digdoyo and T. Surawan, "Brain Tumor Classification Using Four Versions of EfficientNet," *Information System Research Journal*, vol. 3, p. 1, 2023.
- [3] Akshaya TA M, P. Sreeja, Ms. J. Jayashankari, A. Mohamed, S. Iroda and V. Vijayan, "Identification Of Brain Tumor On MRI Image With and Without Segmentation Using DL Techniques," *E3S Web of Conferences, ICONNECT 2023*, 2023.
- [4] M. Martucci, R. Russo, F. Schimperna, G. D'Apolito, M. Panfili, A. Grimaldi, A. Perna, A. M. Ferranti, G. Varcasia, C. Giordano and S. Gaudino, "Magnetic Resonance Imaging of Primary Adult Brain Tumors: State of the Art and Future Perspectives," *Journal Biomedicines*, vol. 11, p. 364, 2023.
- [5] R. Sharma and P. Abrol, "Image Feature Extraction Techniques," *International Journal of Scientific and Technical Advancements*, vol. 6, pp. 125-128, 2020.
- [6] F. K. Fikriah, M. B. Sulthan, N. Mujahidah and M. K. Roziqin, "Naïve Bayes untuk Klasifikasi Penyakit Daun Bawang Merah Berdasarkan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)," *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, vol. 6, p. 6, 2022.
- [7] K. Adi, C. A. Widodo, A. P. Widodo, R. Gernowo, A. Pamungkas and R. A. Syifa, "Detection Lung Cancer Using Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) and Back Propagation Neural Network Classification," *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 2, pp. 8-12, 2018.
- [8] M. N. M. Hakim, A. B. Nugroho and A. E. Minarno, "Prediksi Tumor Otak Menggunakan Metode Convolution Neural Network," *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 17, pp. 48-51, 2022.
- [9] A. Rachmad, R. K. Hapsari, W. Setiawan, T. Indriyani, E. M. S. Rochman and B. D. Satoto, "Classification of Tobacco Leaf Quality Using Feature Extraction of Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) and K-Nearest Neighbor (K-NN)," *Proceedings Of The 1st International Conference on Neural*

- Network and Machine Learning 2022 (ICONNSMAL 2022)*, pp. 30-38, 2023.
- [10] F. K. Fikriah, "Instance Selection dengan Naïve Bayes pada Klasifikasi Kanker Serviks," *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, vol. 5, p. 2, 2021.
- [11] C. H. Pratomo and W. Andriyani, "Mushroom Image Classification Using C4.5 Algorithm," *Journal of Intelligent Software System*, vol. 2, pp. 17-19, 2023.
- [12] M. Sutrisno, J. K. Rambe, Asruddin and A. D. Wiranata, "The Implementation of The C4.5 Algorithm For Determining The Department of Vocational High School," *Jurnal Riset Informatika*, vol. 5, p. 2, 2023.
- [13] Y. Gerhana, I. Fallah, W. B. Zulfikar, D. S. Maylawati and M. A. Ramdhani, "Comparison of naive Bayes classifier and C4.5 algorithms in predicting student study period," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1280, p. 2, 2019.
- [14] Y. Feriandi, D. S. Suhartini, B. Permana and C. Juliane, "Data Mining Using Neural Network for Research Topic Classification Based on Institutional Reseach Roadmap," *Indonesian Journal of Multidiciplinary Science*, vol. 2, p. 7, 2023.
- [15] X. Liu, "Art Painting Image Classification Based on Naural Network," *Journal Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022.