

KLASIFIKASI TUMOR OTAK MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN ARSITEKTUR VGG-16

Chelsia Cindeleria Herwanto¹, Juventia Agnecia², Lina³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara, Jln. Letjen S. Parman No.1, Jakarta, 11440, Indonesia
E-mail: ¹chelsia.535220083@stu.untar.ac.id, ²juventia.535220237@stu.untar.ac.id, ³lina@fti.untar.ac.id,

ABSTRAK

Pertumbuhan sel yang tidak normal pada jaringan otak dikenal sebagai tumor otak. Salah satu cara dokter mendeteksi tumor otak adalah melalui observasi langsung dengan diagnosis manual, yang memiliki risiko kesalahan. Perkembangan artificial intelligence pada bidang computer vision kini telah diterapkan dalam klasifikasi citra di sektor kesehatan. Studi ini mengklasifikasikan citra tumor otak menggunakan deep learning, khususnya metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur VGG-16 untuk membangun model terbaik yang diterapkan dalam bentuk sistem. Dataset yang digunakan terdiri dari 3.264 citra dengan kelas pituitary, meningioma, glioma, dan no (no tumor) yang diperoleh dari Kaggle. Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario learning rate dan kombinasi jumlah neurons pada dense layer.

Key words

Classification, Convolutional Neural Network, Deep Learning, Kanker Otak, VGG-16

1. Pendahuluan

Otak merupakan salah satu bagian dalam tubuh manusia yang berperan penting dalam mengendalikan sistem saraf seluruh tubuh pada manusia. Pertumbuhan sel yang tidak normal pada otak akan mengganggu sistem kerja otak dan berpengaruh pada pengendalian saraf di tubuh manusia. Pertumbuhan sel yang tidak normal ini disebut dengan tumor. Tumor otak yang bersifat ganas (*malignant*) dapat berkembang menjadi kanker otak. Sel kanker otak cenderung dapat menyebar dan tumbuh lebih cepat ke bagian tubuh lainnya, serta dapat muncul sewaktu-waktu walaupun sudah diangkat[1]. Tumor otak dibedakan menjadi dua yaitu tumor otak primer dan tumor otak *metastatic*. Tumor otak primer berasal dari sel yang berada di dalam otak, Tumor otak *metastatic* adalah

sel kanker yang berasal dari anggota tubuh lain yang menyebar ke otak. Tumor otak terbagi ke dalam beberapa tipe, diantaranya *Gliomas*, *Meningiomas*, dan *Pituitary* [2].

Pada skala yang lebih besar, tumor *glioma* merupakan jenis tumor yang paling umum yang diklasifikasikan menjadi empat kelas, dan semakin tinggi tingkatannya, semakin ganas tumornya, dan berasal dari sel glial otak. *Meningioma* berasal dari lapisan jaringan yang disebut *meninges*, terkadang dianggap sebagai tumor jinak. Pertumbuhan spesies ini lambat dan kurang dalam menyebar luas. Sedangkan *pituitary* tumor tumbuh di kelenjar *pituitary*. Tumor ini juga jinak dan kurang dalam penyebaran.[3]

Tumor otak dapat dideteksi melalui *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Ada beberapa pendekatan komputasi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas citra MRI tumor otak:

1. Segmentasi Citra MRI dengan *Gaussian Mixture Model* (GMM): Metode ini memisahkan wilayah citra berdasarkan keserupaan antara derajat keabuan piksel dengan piksel tetangganya. GMM sering digunakan untuk menemukan *cluster* tempat tumor tumbuh. Algoritma *Expectation-Maximization* (EM) dan *Bayesian* digabungkan dengan *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC) untuk mengoptimalkan GMM. Namun, pemilihan jumlah *cluster* yang optimal masih memerlukan kriteria tertentu.[4]
2. Klasifikasi Tumor Otak menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN): Pendekatan ini langsung melakukan klasifikasi tumor otak tanpa segmentasi terlebih dahulu. Metode ini melibatkan tahap pre-proses, augmentasi citra, dan penerapan en-CNN pada empat sekuen MRI: T1, T1CE, T2, dan *Flair*. [5]
3. Transfer *Learning* dengan CNN: Model menggunakan arsitektur CNN dengan *base*

model ResNet50V2 yang sudah dilatih pada *dataset ImageNet*. Lapisan *output* memprediksi *input* menjadi empat kelas citra MRI otak: normal, glioma, meningioma, dan pituitary.[6]

Model Pelatihan *training* yang dikenal secara luas umumnya seperti Resnet, VGG, Inception, EfficientNet, dan MobileNet [7]. Penelitian ini menggunakan pembelajaran *deep learning* dengan metode *Convolutional Neural Network* dan arsitektur yang digunakan yaitu VGG-16.

Tumor otak adalah pertumbuhan abnormal sel-sel di dalam otak yang dapat mengganggu fungsi normal otak. Tumor otak dapat bersifat jinak (non kanker) atau ganas (kanker). Jenis tumor otak yang paling umum adalah glioma, yang berasal dari sel-sel *glial* yang merupakan pendukung struktural dan fungsional bagi sel-sel saraf di otak.

Tumor otak hipofisis (*pituitary*) merupakan sebuah tumor yang terjadi pada saraf pusat dan biasanya muncul secara tiba-tiba namun tumor ini bersifat jinak [8]. Selain itu, terdapat tumor meningioma yang merupakan tumor yang timbul pada lapisan *meningeal*. Lapisan *meningeal* pada otak ini berfungsi untuk melindungi otak dan sumsum tulang belakang [9]. Sebagian besar, tumor ini termasuk ke dalam jenis tumor jinak.

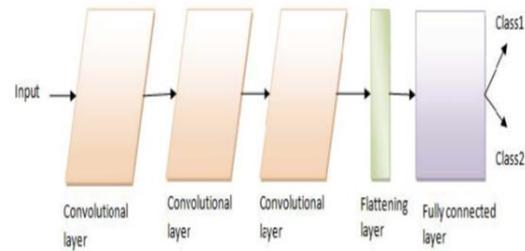
Di Amerika dan Eropa, kejadian tumor otak meningkat dari 17,6 per 100.000 orang menjadi 22,0 per 100.000 penduduk. Ada sekitar 18.500 kasus baru terdiagnosis tumor otak primer di Amerika Serikat setiap tahun. Oleh karena itu, MRI atau yang disebut juga dengan CT Scan dibutuhkan untuk mendeteksi ada tidaknya tumor pada otak.

Pada penulisan *paper* ini jumlah kelas berjumlah total 4 kelas dengan jumlah keseluruhan *dataset* sebanyak 3.264 data yang terdiri dari: 901 *datasets pituitary*, 937 *datasets meningioma*, 926 *datasets glioma*, dan 500 *datasets no* (tidak terdapat tumor).

2. Tinjauan Literatur

2.1 Convolutional Neural Network (CNN)

CNN (*Convolutional Neural Network*) adalah jenis arsitektur jaringan saraf tiruan yang digunakan dalam bidang pengolahan citra dan pengenalan pola. CNN dirancang khusus untuk mengatasi tugas-tugas yang terkait dengan pengolahan visual, seperti pengenalan objek, segmentasi gambar, dan klasifikasi citra.



Gambar 1. Convolutional Neural Network

CNN merupakan variasi dari *MultiLayer Perceptron* yang terinspirasi oleh jaringan saraf manusia berdasarkan temuan Hubel dan Wiesel yang melakukan penelitian korteks visual pada indera penglihatan kucing. Studi ini sangat terinspirasi dengan cara kerja korteks visual pada hewan yang sangat kuat dalam sistem pemrosesan visual [10]. Berikut merupakan arsitektur yang dimiliki CNN :

1. Convolutional Layer

Convolutional layer adalah komponen inti dalam arsitektur CNN yang bertanggung jawab untuk mengekstraksi fitur-fitur visual dari data *input*, seperti gambar. Pada lapisan ini, beberapa filter (*kernel*) diterapkan pada *input* untuk melakukan operasi konvolusi, di mana setiap filter meluncur melintasi *input* dan menghasilkan peta fitur (*feature map*). Filter ini berfungsi untuk mendeteksi pola atau fitur-fitur khusus dalam data, seperti tepi, sudut, atau tekstur. Konvolusi dilakukan dengan mengalikan elemen-elemen *input* dengan bobot filter dan menjumlahkannya. Hasilnya kemudian diaktifkan menggunakan fungsi aktivasi, seperti ReLU, untuk memperkenalkan non-linearitas.

2. Pooling Layer

Pooling layer digunakan untuk mengurangi dimensi spasial dari peta fitur yang dihasilkan oleh *convolutional layer*. Tujuannya adalah untuk mengurangi kompleksitas komputasi dan menghasilkan representasi fitur yang lebih ringkas namun tetap mempertahankan informasi penting. *Max pooling* adalah jenis *pooling* yang umum digunakan, di mana nilai maksimum diambil dari setiap wilayah yang ditentukan dalam peta fitur. Hal ini membantu dalam menangkap fitur yang signifikan seperti tepi atau sudut tanpa memperhatikan posisi tepatnya dalam wilayah tersebut.

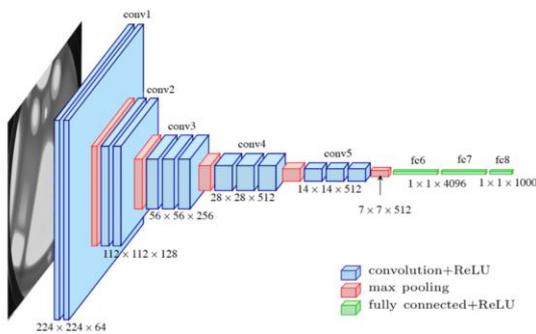
3. Fully Connected Layer

Fully connected layer terletak di bagian akhir arsitektur CNN dan bertindak sebagai klasifikasi atau *output layer*. Pada lapisan ini, setiap neuron terhubung dengan setiap neuron di lapisan sebelumnya. Neuron-neuron ini memiliki bobot dan bias yang

diatur selama proses pelatihan. *Fully connected layer* mengambil fitur-fitur yang diekstraksi oleh lapisan sebelumnya dan menghasilkan *output* kelas atau prediksi. Fungsi aktivasi seperti *softmax* sering digunakan pada *fully connected layer* untuk menghasilkan probabilitas prediksi kelas.

2.2 VGG-16

VGG-16 adalah sebuah arsitektur *deep convolutional neural network* (CNN) yang terdiri atas 16 *layer* dan merupakan salah satu arsitektur paling awal yang digunakan dalam *transfer learning*.

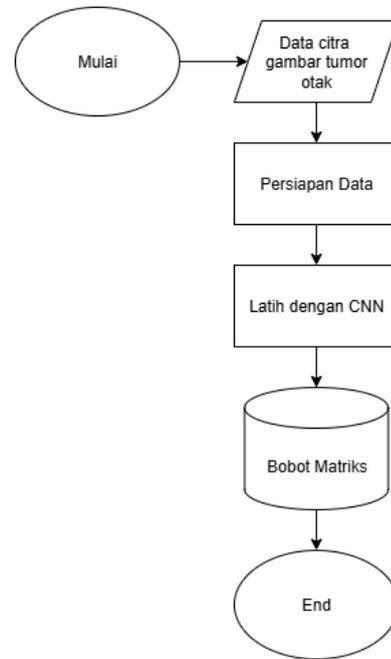


Gambar 2. Arsitektur VGG-16

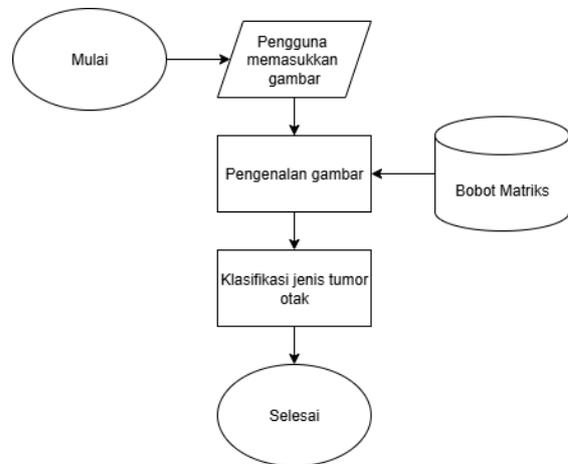
Arsitektur model ini menampilkan tumpukan lapisan konvolusional diikuti oleh lapisan penyatuan maksimal, dengan kedalaman yang semakin meningkat. Desain ini memungkinkan model mempelajari representasi hierarki fitur visual yang rumit, sehingga menghasilkan prediksi yang kuat dan akurat. Meskipun sederhana dibandingkan dengan arsitektur yang lebih baru, VGG-16 tetap menjadi pilihan populer untuk banyak aplikasi pembelajaran mendalam karena keserbagunaan dan kerjanya yang luar biasa.

3. Metode Penelitian

Gambar untuk melakukan proses *training* dapat diakses secara *online* pada *Kaggle dataset*. Setelah gambar untuk *datasets* telah di dapatkan akan dilakukan tahapan data *Preparation*, *Datasets* akan di *training* dengan metode CNN dengan arsitektur VGG-16, kemudian *datasets* akan di *testing*.



Gambar 3. Diagram Alur Pelatihan



Gambar 4. Diagram Alur Pengujian

3.1 Data Citra Gambar Tumor Otak

Dalam tahap ini akan dilakukan pengumpulan data yang akan digunakan sebagai data *testing*, data *training*, dan data validasi. Dalam penelitian ini jumlah data *testing* ada 394 data yang terbagi dalam 4 kategori, dan data *training* ada 2.870 data yang terbagi dalam 4 kategori, dan jumlah data validasi ada 2.955 validasi data *training* dan 329 validasi data *test* yang terbagi dalam 4 kategori.

Tabel 1. Jumlah dataset yang terpakai

Jenis Data	Jumlah Data		Data Keseluruhan
Training	Pituitary Tumor	827	2.870

	No Tumor	395	
	Meningioma Tumor	822	
	Glioma Tumor	826	
Testing	Pituitary Tumor	74	394
	No Tumor	105	
	Meningioma Tumor	115	
	Glioma Tumor	100	
Total		3.264	

3.2 Persiapan data

Dalam *preparation* ini akan memuat gambar MRI tumor otak dari direktori tertentu, mengubah ukurannya menjadi ukuran tetap, dan mengumpulkannya bersama dengan label yang sesuai ke dalam masing-masing *array*.

3.3 Latih dengan CNN

Setelah rancangan tahapan pelatihan dan pengujian diimplementasikan, selanjutnya yang akan dilakukan adalah dengan membuat rancangan model program dengan metode CNN dan arsitekturnya yaitu VGG-16.

```

Model: "model"
-----
Layer (type)                Output Shape              Param #
-----
input_1 (InputLayer)        [(None, 150, 150, 3)]    0
block1_conv1 (Conv2D)       (None, 150, 150, 64)     1792
block1_conv2 (Conv2D)       (None, 150, 150, 64)     36928
block1_pool (MaxPooling2D)  (None, 75, 75, 64)       0
block2_conv1 (Conv2D)       (None, 75, 75, 128)     73856
block2_conv2 (Conv2D)       (None, 75, 75, 128)     147584
block2_pool (MaxPooling2D)  (None, 37, 37, 128)      0
block3_conv1 (Conv2D)       (None, 37, 37, 256)     295168
block3_conv2 (Conv2D)       (None, 37, 37, 256)     590080
block3_conv3 (Conv2D)       (None, 37, 37, 256)     590080

```

Gambar 5. Model VGG-16

```

block3_pool (MaxPooling2D)  (None, 18, 18, 256)      0
block4_conv1 (Conv2D)       (None, 18, 18, 512)     1180160
block4_conv2 (Conv2D)       (None, 18, 18, 512)     2359808
block4_conv3 (Conv2D)       (None, 18, 18, 512)     2359808
block4_pool (MaxPooling2D)  (None, 9, 9, 512)        0
block5_conv1 (Conv2D)       (None, 9, 9, 512)       2359808
block5_conv2 (Conv2D)       (None, 9, 9, 512)       2359808
block5_conv3 (Conv2D)       (None, 9, 9, 512)       2359808
block5_pool (MaxPooling2D)  (None, 4, 4, 512)        0
global_average_pooling2d ( (None, 512)                0
GlobalAveragePooling2D)

```

Gambar 6. Model VGG-16

```

dropout (Dropout)           (None, 512)              0
dense (Dense)                (None, 4)                2052
=====
Total params: 14716740 (56.14 MB)
Trainable params: 14716740 (56.14 MB)
Non-trainable params: 0 (0.00 Byte)

```

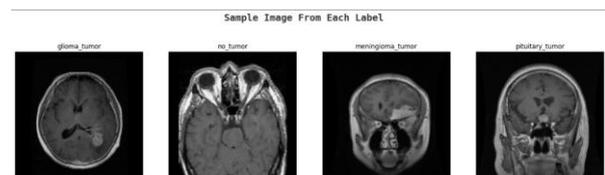
Gambar 7. Model VGG-16

3.4 Pengujian

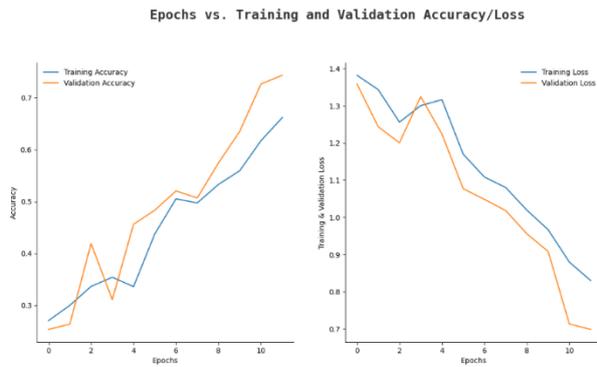
Pada tahap ini akan dilakukan *testing* pada sebuah gambar untuk mengetahui apakah VGG-16 dapat mendeteksi gambar tersebut terdapat tumor atau tidak dan apa jenis tumor tersebut.

4. Hasil Percobaan

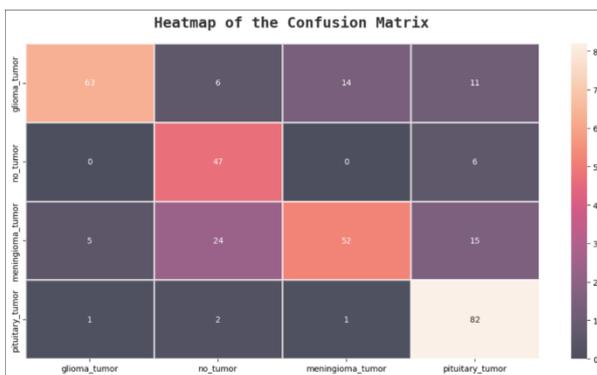
Hasil penelitian menunjukkan hasil dari model VGG-16 yang dipakai untuk penelitian dalam penulisan *paper* dengan menggunakan 12 *epoch*. Dalam penelitian ini jumlah total citra yang dipakai sebanyak 3.264 citra yang terdiri dari citra latih dan citra testing yang dibagi menjadi 4 kelas. Dan sebanyak 2.955 citra validasi yang dipakai yang terbagi menjadi 4 kelas.



Gambar 8. Sampel Citra Training



Gambar 9. Validasi Loss & Validasi Akurasi



Gambar 10. Confusion Matrix

Dari hasil testing yang dilakukan terlihat bahwa model kurang bisa mengenali jenis tumor otak yang diberikan. Hasil penelitian menunjukkan jika user melakukan upload pada suatu image yang terdapat pada dataset, maka sistem akan memprediksi apakah pada citra tersebut terdapat tumor atau tidak. Jika ada, sistem akan memprediksi jenis tumor tersebut, dan jika tidak ada, sistem akan mengeluarkan hasil tidak terdeteksi tumor.

5. Kesimpulan

Dari penelitian ini, klasifikasi tumor yang dibagi menjadi 4 jenis dapat dilakukan dengan metode CNN dengan arsitektur VGG-16. Proyek ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tumor otak berdasarkan jenisnya serta mengetahui perbedaan ada atau tidaknya tumor pada otak.

Setelah dilakukan penelitian tentang pendeteksian tumor otak manusia dengan menggunakan gambar MRI, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Keseluruhan modul berjalan dengan baik, dengan fitur-fitur dan tombol yang berfungsi sesuai dengan rancangan yang telah direncanakan.
2. Program menunjukkan potensi awal yang cukup menjanjikan, namun memerlukan penyempurnaan lebih lanjut dalam mengklasifikasikan citra tumor, yaitu glioma

tumor, no tumor, meningioma tumor, dan pituitary tumor.

3. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi tertinggi sebesar 66%.

Setelah dilakukan penelitian, beberapa saran yang dapat diterapkan di penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Mencoba menggunakan epoch yang lebih besar untuk meningkatkan akurasi.
2. Mencoba menggunakan metode-metode alternatif lainnya untuk meningkatkan komputasi dan akurasi.
3. Melakukan eksplorasi terhadap arsitektur CNN yang lain untuk membandingkan hasil dan kinerjanya.
4. Membuat aplikasi pengujian gambar MRI agar bisa sekali banyak gambar dapat diketahui hasil ujinya.

REFERENSI

- [1] M. S. Fattah, D. Z. Haq, D. C. R. Novitasari, "Pengolahan Citra Digital untuk Identifikasi Kanker Otak Menggunakan Metode Deep Belief Network (DBN)", *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, vol. 6, no. 4, pp. 735-742, 2021.
- [2] Janice L. Hinkle, Kerry H. Cheever, Kristen J. Overbaugh, "Brunner & Suddarth's Textbook of Medical-Surgical Nursing (15th ed.)", Wolters Kluwer Health, 2021.
- [3] Toqa A. Sadoon, Mohammed H. Ali, "Deep Learning Model For Glioma, Meningioma And Pituitary Classification", *Internasional Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS)*, vol. 10, no. 1, pp. 88-98. doi:10.11591, 2021.
- [4] Anindya Apriliyanti Pravitasari, Yusuf Puji Hermanto, Nur Iriawan, Irhamah, Kartika Fithriasari, Santi Wulan Purnami, Widiana Ferriastuti, "MRI-based Brain Tumor Segmentation Using Gaussian Mixture Model With Reversible Jump Markov Chain Monte Carlo Algorithm", *2nd International Conference on Science, Mathematics, Environment, and Education and AIP Conference Proceedings*, vol. 2194, 2019.
- [5] Tjahyaningtijas, H. P, "Klasifikasi Tumor Otak Pada Citra MRI Menggunakan en-CNN", *Journal Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2021.
- [6] Ardan, I. S, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Tumor Otak pada Citra MRI Menggunakan CNN", *Journal Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2023.

- [7] A. Krizhevsky, I. Sutskever, dan G. E. Hinton, “ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks,” *Commun ACM*, vol. 60, no. 6, pp. 84-90, 2017.
- [8] Marta Araujo-Castro, Victor Rodriguez Berrocal, Eider Pascual-Corrales, “Pituitary tumors: epidemiology and clinical presentation spectrum”, *Hormones Article*, vol. 19, pp. 145-155, doi:10.1007, 2020.
- [9] Asayel A. Alruwaili, Orlando De Jesus, “Meningioma”. StatPearls Publishing Book, 2022.
- [10] Il, T. B, “Introduction to Deep Learning Using R”, ed.1, San Francisco, USA: Apress Berkeley Book, CA, 2017.

Chelsia Cindeleria Herwanto, Mahasiswa S1, program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara.

Juventia Agnecia, Mahasiswa S1, program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara.

Prof. Lina, S.T, M. Kom., Ph.D., Memperoleh gelar Sarjana dari Universitas Tarumanagara, Indonesia, tahun 2001 dan gelar Magister dari Universitas Indonesia, Indonesia, tahun 2004, kemudian di tahun 2009 memperoleh gelar Ph.D dari Nagoya University, Jepang. Pada tahun 2024 mendapatkan gelar guru besar. Saat ini sebagai Dosen tetap Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara