

**SEGMENTASI TUMOR OTAK PADA CITRA HASIL *MAGNETIC
RESONANCE IMAGING* (MRI) OTAK MENGGUNAKAN PERBAIKAN
ARSITEKTUR 3D *V-NET***

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**

Oleh:

DITE GEOVANI

NIM 08011181924015



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**SEGMENTASI TUMOR OTAK PADA CITRA HASIL *MAGNETIC
RESONANCE IMAGING* (MRI) OTAK MENGGUNAKAN PERBAIKAN
ARSITEKTUR 3D *V-NET***

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Matematika**

Oleh

**DITE GEOVANI
NIM. 08011181924015**

Pembimbing Kedua



Drs. Sugandi Yahdin, M.M.
NIP. 195807271986031003

**Indralaya, Januari 2023
Pembimbing Utama**



Dr. Anita Desiani, S.S., M.Kom
NIP. 19771211200312002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika**



Drs. Sugandi Yahdin, M.M.
NIP. 195807271986031003

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Dite Geovani
NIM : 08011181924015
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 9 Februari 2023

Penulis



Dite Geovani

NIM. 08011181924015

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dite Geovani
NIM : 08011181924015
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Matematika
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"Segmentasi Tumor Otak pada Citra Hasil *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) Otak Menggunakan Perbaikan Arsitektur 3D *V-Net*"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 9 Februari 2023

Penulis



Dite Geovani

NIM. 08011181924015

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

Yang Maha Kuasa Allah Subhanahu Wa Ta'ala,

Kedua orang tuaku tersayang,

Adik perempuanku,

Adik laki-lakiku,

Keluarga besarku,

Semua guru dan dosenku,

Sahabat-sahabatku,

Almamaterku

Moto

“Lakukan dengan semaksimal mungkin atau tidak sama sekali”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Segmentasi Tumor Otak pada Citra Hasil *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) Otak Menggunakan Perbaikan Arsitektur 3D *V-Net*” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains bidang studi Matematika di Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa proses pembuatan skripsi ini merupakan proses pembelajaran yang sangat berharga serta tak lepas dari kekurangan dan keterbatasan. Dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tuaku tercinta, **M. Suwardi** dan **Rika Anggraini**, yang tak pernah lelah mendidik, menasehati, membimbing, dan mendukung serta terus mendoakan anaknya. Terima kasih atas segala perjuangan dan pengorbanan hingga detik ini dan sampai kapanpun.
2. Bapak **Drs. Sugandi Yahdin, M.M** selaku Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya dan dosen pembimbing kedua saya yang telah memberikan arahan, motivasi, dan bimbingan kepada penulis selama proses pembuatan skripsi dan perjalanan perkuliahan ini.
3. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Matematika FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah mengarahkan urusan akademik kepada penulis.

4. Ibu **Dr. Anita Desiani, S.Si., M.Kom** selaku dosen pembimbing utama yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan bimbingan, pengarahan, dan didikan berharga selama proses pembuatan skripsi, kompetisi atau program mahasiswa, dan perjalanan perkuliahan ini.
5. Ibu **Eka Susanti, S.Si., M.Sc** dan Bapak **Drs. Endro Setyo Cahyono, M.Si** selaku dosen pembahas dan penguji yang telah memberikan tanggapan, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat untuk perbaikan dan penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak **Drs. Robinson Sitepu, M.Si** selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam urusan akademik penulis.
7. **Seluruh Dosen di Jurusan Matematika FMIPA** yang telah memberikan ilmu, nasihat, motivasi, serta bimbingan selama proses perkuliahan.
8. Pak **Irwansyah** selaku admin dan Ibu **Hamidah** selaku pegawai tata usaha Jurusan Matematika FMIPA yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan.
9. **Seluruh guru** yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat hingga mengantarkan penulis pada pendidikan ini.
10. Adik perempuan dan adik laki-lakiku tersayang, **Annisatul Syakdiyah** dan **M. Malim Bagus** yang selalu mendoakan, memberikan semangat, dan menjadi teman diskusi terbaik selama ini, beserta keluarga besar yang selalu mendukung penulis.

11. **Kakak-kakak tingkat angkatan 2016, 2017, dan 2018 bidang minat komputasi** yang telah banyak membantu serta berbagi ilmu selama proses pembuatan skripsi.
12. **Semua sahabat seperjuangan** dalam masa perkuliahan dan proses skripsi. Terima kasih sudah menjadi orang-orang baik di sekeliling penulis yang selalu mendukung, membantu dengan tulus, dan memberi energi positif.
13. **Keluarga Matematika 2019, Komputasi 2019, BPH Himastik Akselerasi, Asisten Laboratorium Komputasi, dan rekan-rekan perlombaan** selama perkuliahan.
14. Sahabat-sahabatku dari sejak masa putih merah, putih biru, dan putih abu-abu. Terima kasih atas dukungan, pengertian, dan kebaikan kalian.
15. Kakak-kakak tingkat Angkatan 2017 dan 2018 serta adik-adik tingkat Angkatan 2020 dan 2021, terima kasih atas segala kebaikan dan bantuan.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah.

Semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan dan bermanfaat bagi mahasiswa/mahasiswi Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya dan seluruh pihak yang membutuhkan.

Indralaya, Januari 2023

Penulis

**BRAIN TUMOR SEGMENTATION IN MAGNETIC RESONANCE
IMAGING (MRI) IMAGES OF THE BRAIN USING IMPROVEMENT
ARCHITECTURE 3D V-NET**

Oleh:

DITE GEOVANI

08011181924015

ABSTRACT

Detection of abnormalities in brain MRI images as an effort to detect brain tumors early can be implemented with image segmentation using Convolutional Neural Network (CNN). An architecture frequently used in 3D image segmentation is the 3D U-Net architecture. In this study, a modification was made to the 3D *U-Net* architecture by removing the bridge part to produce a new architecture is 3D *V-Net* for brain tumor segmentation in magnetic resonance imaging (MRI) images of the brain. Results of this study using Brain Tumor Segmentation dataset is score of accuracy, Intersection over Union (IoU), F1-Score, sensitivity, and specificity 97.95%, 73,84%, 80,30%, 89,42 %, and 98,16% respectively. Based on the results, it can be shown that 3D *V-Net* architecture is capable of segmenting brain tumors on brain MRI images, but still has a fairly low IoU value.

Keywords : Segmentation, Brain Tumor, MRI Images, 3D V-Net

**SEGMENTASI TUMOR OTAK PADA CITRA HASIL *MAGNETIC
RESONANCE IMAGING (MRI)* OTAK MENGGUNAKAN PERBAIKAN
ARSITEKTUR 3D *V-NET***

Oleh:

DITE GEOVANI

08011181924015

ABSTRAK

Deteksi kelainan pada citra MRI otak sebagai upaya deteksi dini penyakit tumor otak dapat dilakukan dengan menerapkan segmentasi citra menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)*. Suatu arsitektur yang sering digunakan dalam segmentasi citra 3 dimensi ialah arsitektur 3D *U-Net*. Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi pada arsitektur 3D *U-Net* dengan menghilangkan bagian *bridge* sehingga menghasilkan suatu arsitektur baru yaitu 3D *V-Net* untuk segmentasi tumor otak pada citra hasil *Magnetic Resonance Imaging (MRI)* otak. Hasil penelitian dengan menggunakan dataset *Brain Tumor Segmentation* yaitu nilai akurasi, Intersection over Union (IoU), F1-Score, sensitivitas, dan spesifisitas berturut-turut sebesar 97,95%, 73,84%, 80,30%, 89,42%, dan 98,16%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dikatakan bahwa arsitektur 3D *V-Net* mampu melakukan segmentasi tumor otak pada citra MRI otak, namun masih memiliki nilai *IoU* yang cukup rendah.

Kata Kunci : Segmentasi, Tumor Otak, Citra MRI, 3D *V-Net*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRACT	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Citra MRI Otak.....	7
2.2 Citra Digital 3 Dimensi.....	8
2.3 <i>Preprocessing</i>	8
2.4 Segmentasi Citra Semantik.....	9
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i>	9
2.5.1 <i>Convolutional Layer 3D</i>	10
2.5.2 <i>Dropout</i>	11
2.5.3 <i>Batch Normalization</i>	11
2.5.4 Fungsi Aktivasi.....	12
2.5.5 <i>Max Pooling 3D</i>	13
2.5.6 <i>Upsampling Layer</i>	14
2.5.7 <i>Cocatenate Layer</i>	14
2.5.8 <i>Loss Function : Dice Loss</i>	15
2.5.9 <i>Optimization Function : Adaptive Moment Estimation</i>	16
2.6 3D <i>V-Net</i>	17
2.7 <i>Confusion Matrix</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat.....	22
3.2 Waktu.....	22
3.3 Alat.....	22
3.4 Metode Penelitian.....	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Deskripsi Data.....	26
4.2 <i>Preprocessing</i> Data.....	27
4.3 Arsitektur 3D <i>V-Net</i>	27
4.4 Operasi Manual pada <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).....	30
4.5 <i>Training</i>	43
4.6 <i>Testing</i>	46
4.7 Evaluasi.....	51
4.8 Analisis dan Interpretasi Hasil.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.1 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kategori Evaluasi Kinerja Model.....	21
Tabel 4.1. Data Sampel Citra pada Dataset <i>Brain Tumor Segmentation</i>	26
Tabel 4.2. Perbandingan Citra Asli, Hasil Segmentasi, dan <i>Ground Truth</i>	47
Tabel 4.3. <i>Confusion Matrix Multiclass</i> dari Proses <i>Testing</i>	48
Tabel 4.4. Perbandingan Hasil Evaluasi Kinerja dengan Penelitian Lain.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tampilan MRI Otak.....	7
Gambar 2.2. Koordinat 3 Dimensi.....	8
Gambar 2.3. Ilustrasi Proses <i>Convolutional Layer 3D</i>	10
Gambar 2.4. Contoh Proses Operasi <i>Max Pooling</i>	13
Gambar 2.5. Contoh Operasi <i>Upsampling Layer</i>	14
Gambar 2.6. Ilustrasi <i>Concatenate Layer</i>	15
Gambar 2.7. Arsitektur 3D <i>V-Net</i>	18
Gambar 2.8. <i>Confusion Matrix Multiclass</i>	19
Gambar 4.1. Arsitektur 3D <i>V-Net</i>	28
Gambar 4.2. Hasil <i>Training</i> Model Arsitektur 3D <i>V-Net</i>	44
Gambar 4.3. Grafik Akurasi Proses <i>Training</i>	45
Gambar 4.4. Grafik <i>Loss</i> Proses <i>Training</i>	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Segmentasi citra diterapkan untuk memisahkan bagian yang penting atau berbeda dari citra (Kumar *et al.* 2020). Proses segmentasi citra ialah membagi citra menjadi beberapa wilayah yang berbeda berdasarkan karakteristik piksel (Lei & Nandi, 2022). Segmentasi tumor pada citra MRI otak diperlukan untuk mendeteksi kelainan pada citra MRI otak sebagai upaya deteksi dini pada penyakit tumor otak (H. A. Khan *et al.* 2020). Citra MRI merupakan citra 3 dimensi yang digunakan untuk melakukan segmentasi tumor (Daimary *et al.* 2020). Perbedaan citra 3 dimensi dengan 2 dimensi terletak pada citra 3 dimensi memiliki panjang, lebar, dan kedalaman (Nguyen-Phuoc *et al.* 2018), sedangkan citra 2 dimensi hanya memiliki panjang dan lebar (Feng *et al.* 2019). Beberapa penelitian sebelumnya yang telah menggunakan citra MRI antara lain yaitu segmentasi kanker tulang menggunakan citra MRI tulang (J. Wu *et al.* 2022), segmentasi kanker prostat menggunakan citra MRI prostat (Chahal *et al.* 2021), dan segmentasi tumor liver menggunakan citra MRI liver (Hänsch *et al.* 2022). Penelitian yang dilakukan oleh (J. Wu *et al.* 2022), (Chahal *et al.* 2021), dan (Hänsch *et al.* 2022) memberikan hasil ukuran evaluasi kerja yang sangat baik sehingga citra MRI sangat baik digunakan untuk melakukan segmentasi tumor.

Segmentasi citra 3 dimensi bekerja pada tiga bidang yaitu sagital, axial, dan coronal (Zhang *et al.* 2022). Segmentasi manual pada citra MRI memerlukan ketelitian yang sangat tinggi dan memakan waktu yang cukup lama terutama jika

bekerja pada jumlah data yang besar serta bersifat subjektif karena bergantung pada pengalaman dari setiap ahli medis, sehingga dibutuhkan pengembangan algoritma segmentasi otomatis untuk memudahkan pekerjaan ahli medis dalam melakukan segmentasi (Z. Khan *et al.* 2021).

Pemanfaatan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) banyak dikembangkan dalam dunia medis untuk melakukan segmentasi otomatis dengan mesin (Toraman *et al.* 2020). Arsitektur dari metode CNN yang banyak digunakan dalam segmentasi citra 3 dimensi ialah arsitektur 3D *U-Net*. Arsitektur 3D *U-Net* membutuhkan jumlah parameter yang besar pada proses *training* (Kanagavelu *et al.* 2022). Jumlah parameter yang besar pada proses *training* menyebabkan *overfitting* dan membutuhkan waktu *training* yang cukup lama (Lei *et al.* 2020). *Overfitting* adalah kejadian dimana arsitektur sangat baik dalam mempelajari pola pada data latih namun gagal ketika memprediksi data yang belum pernah dilatih atau data uji (Salehinejad & Valaee, 2019).

Untuk mengurangi jumlah parameter yang terlalu besar dapat dilakukan dengan melakukan pengurangan *layer* pada arsitektur 3D *U-Net* terutama pada bagian *bridge*. Pada umumnya, bagian *bridge* pada arsitektur 3D *U-Net* menggunakan *dense layer*. *Dense layer* merupakan *layer* berlapis yang melakukan *concat* untuk menggabungkan hasil pada *layer* sebelumnya sehingga dapat memperoleh informasi yang lebih banyak dari *input*, tetapi mengakibatkan jumlah parameter menjadi lebih besar (Rahman *et al.* 2017). Pengurangan jumlah parameter pada arsitektur 3D *U-Net* dapat dilakukan dengan menghilangkan bagian *bridge* pada arsitektur 3D *U-Net*. Untuk menghindari hilangnya informasi karena

menghilangkan bagian *bridge*, maka pada akhir bagian *encoder* dilakukan *concat* dari hasil pada *layer* sebelumnya pada saat masuk ke bagian *decoder*. Penghilangan bagian *bridge* pada arsitektur 3D *U-Net* disebut arsitektur 3D *V-Net* karena berbentuk “V” yang terdiri dari bagian *encoder* dan *decoder*. Beberapa penelitian menggunakan arsitektur 3D *V-Net* telah dilakukan antara lain yaitu Liu (X. Liu *et al.* 2022) menerapkan arsitektur 3D *V-Net* pada segmentasi atrium kiri dari citra MRI jantung dengan hasil *IoU score* dan *f1-score* di atas 80%, Mohammed (Mohammed *et al.* 2021) menerapkan arsitektur 3D *V-Net* pada segmentasi tumor paru-paru dari citra MRI paru-paru dengan hasil *f1-score* sebesar 80%, dan Banerjee (Banerjee *et al.* 2022) menerapkan arsitektur 3D *V-Net* pada segmentasi iris dari citra MRI mata dengan hasil *IoU score* yaitu 95%. Terlihat bahwa pada ketiga penelitian tersebut, arsitektur 3D *V-Net* memberikan hasil yang baik dalam melakukan segmentasi, namun tidak mengukur evaluasi hasil kinerja yang lainnya seperti akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas.

Setelah dilakukan penghilangan bagian *bridge*, arsitektur 3D *V-Net* tetap memiliki jumlah parameter yang besar karena terdapat operasi *concat* pada beberapa *layer* tertentu. Hal tersebut dapat diatasi dengan menggunakan *dropout* pada beberapa *layer* tertentu (Salehinejad & Valaee, 2019). Beberapa penelitian yang telah menggunakan *dropout* dalam segmentasi citra 3 dimensi antara lain yaitu segmentasi tumor otak (P. Liu *et al.* 2020) yang memiliki hasil *f1-score* sebesar 89% dan segmentasi tulang paha proksimal (Zhao *et al.* 2021) yang memiliki hasil sensitivitas dan *f1-score* di atas 98%. Faktor lain yang memengaruhi kinerja arsitektur ialah *range data* yang terlalu besar. Hal tersebut bisa menyebabkan nilai

bobot pada proses *training* lambat untuk konvergen. Untuk mengatasi hal tersebut ialah dengan menggunakan *batch normalization*. Beberapa penelitian sebelumnya yang telah menggunakan *batch normalization* dalam segmentasi citra 3 dimensi antara lain yaitu segmentasi atrium kiri (Li *et al.* 2020) yang memberikan hasil *f1-score* sebesar 83% dan segmentasi abdomen (Qayyum *et al.* 2020) yang memberikan hasil *f1-score* sebesar 98%.

Untuk mengukur hasil evaluasi kinerja arsitektur biasanya digunakan evaluasi ukuran seperti akurasi piksel, *IoU score*, *f1-score*, sensitivitas, dan spesifisitas. Akurasi piksel mengukur nilai ketepatan piksel yang diprediksi dengan benar (Khatami *et al.* 2017), *IoU score* mengukur perbandingan luas irisan dengan luas gabungan antara hasil segmentasi dengan *groundtruth* (Cheng, Girshick, *et al.* 2021), *f1-score* mengukur perbandingan dari dua kali luas irisan dan jumlah semua piksel pada citra (Nazeriye *et al.* 2021), sensitivitas mengukur proporsi *foreground* yang diprediksi dengan baik, dan spesifisitas mengukur proporsi *background* yang diprediksi dengan baik.

Penelitian ini melakukan kombinasi pada arsitektur 3D *V-Net* dan *dropout* dalam segmentasi tumor pada citra MRI otak untuk mengurangi jumlah parameter, namun tetap memberikan hasil segmentasi tumor yang baik. Untuk menjaga nilai bobot pada proses *training* selalu berada pada *range* nilai yang normal juga digunakan *batch normalization*. Hasil kinerja arsitektur yang diusulkan diukur dengan menggunakan ukuran evaluasi kinerja seperti akurasi piksel, sensitivitas, spesifisitas, *IoU*, dan *f1-score*.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana menerapkan arsitektur 3D *V-Net* dengan melibatkan *dropout* dan *batch normalization* dalam segmentasi tumor pada citra MRI otak dan mengukur hasil evaluasi kinerja arsitektur dengan menghitung akurasi piksel, sensitivitas, spesifistas, *IoU*, dan *f1-score*.

1.3. Pembatasan Masalah

Beberapa pembatasan masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas segmentasi tumor pada citra MRI otak dengan mengkombinasikan arsitektur 3D *V-Net*, *dropout* dan *batch normalization* dan tidak membahas proses perbaikan citra serta klasifikasi penyakit.
2. Ukuran evaluasi kinerja pada segmentasi ini menggunakan akurasi piksel, sensitivitas, spesifistas, *IoU*, dan *f1-score*.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini ialah mengetahui citra hasil segmentasi citra MRI otak menggunakan arsitektur 3D *V-Net* dengan melibatkan *dropout* dan *batch normalization* dan mengukur hasil evaluasi kinerja arsitektur dengan menghitung akurasi piksel, sensitivitas, spesifistas, *IoU*, dan *f1-score*.

1.5. Manfaat

Manfaat dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai referensi penelitian mengenai segmentasi tumor otak.
2. Hasil segmentasi yang didapatkan dapat menjadi *input* pada proses klasifikasi penyakit tumor otak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ait Skourt, B., El Hassani, A., & Majda, A. (2022). Mixed-Pooling-Dropout for Convolutional Neural Network Eegularization. *Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(8), 4756–4762.
- Alasadi, S. A., & Bhaya, W. S. (2017). Review of Data Preprocessing Techniques in Data Mining. *Engineering and Applied Sciences*, 12(16), 4102–4107.
- Albawi, S., Mohammed, T. A. M., & Alzawi, S. (2017). Layers of A Convolutional Neural Network. *Icet2017*, 1–6.
- Apicella, A., Donnarumma, F., Isgrò, F., & Prevete, R. (2021). A Survey on Modern Trainable Activation Functions. *Neural Networks*, 138, 14–32.
- Asadi, B., & Jiang, H. (2020). On Approximation Capabilities of ReLU Activation and Softmax Output Layer in Neural Networks. *Machine Learning*, 1–8.
- Asgari Taghanaki, S., Abhishek, K., Cohen, J. P., Cohen-Adad, J., & Hamarneh, G. (2021). Deep Semantic Segmentation of Natural and Medical Images: A Review. *Artificial Intelligence Review*, 54(1), 137–178.
- Ataloglou, D., Dimou, A., Zarpalas, D., & Daras, P. (2019). Fast and Precise Hippocampus Segmentation Through Deep Convolutional Neural Network Ensembles and Transfer Learning. *Neuroinformatics*, 17(4), 563–582.
- Banerjee, A., Ghosh, C., & Mandal, S. N. (2022). Analysis of V-Net Architecture for Iris Segmentation in Unconstrained Scenarios. *Computer Science*, 3(208).
- Chahal, E. S., Patel, A., Gupta, A., Purwar, A., & G, D. (2021). Unet based Xception Model for Prostate Cancer Segmentation from MRI Images. *Multimedia Tools and Applications*.
- Chauhan, S., Vig, L., De Filippo De Grazia, M., Corbetta, M., Ahmad, S., & Zorzi, M. (2019). A Comparison of Shallow and Deep Learning Methods for Predicting Cognitive Performance of Stroke Patients From MRI Lesion Images. *Frontiers in Neuroinformatics*, 13(July), 1–12.
- Chen, Q., & Xiong, Q. (2020). Garbage Classification Detection Based on Improved YOLOV4. *Computer and Communications*, 08(12), 285–294.
- Cheng, B., Girshick, R., Dollár, P., Berg, A. C., & Kirillov, A. (2021). Boundary IoU: Improving Object-Centric Image Segmentation Evaluation. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 15329–15337.
- Cheng, B., Schwing, A. G., & Kirillov, A. (2021). Per-Pixel Classification is Not All You Need for Semantic Segmentation. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 22(NeurIPS), 17864–17875.
- Cortiñas-Lorenzo, B., & Pérez-González, F. (2020). Adam and the ants: On the influence of the optimization algorithm on the detectability of DNN

watermarks. *Entropy*, 22(12), 1–39.

Daimary, D., Bora, M. B., Amitab, K., & Kandar, D. (2020). Brain Tumor Segmentation from MRI Images using Hybrid Convolutional Neural Networks. *Procedia Computer Science*, 167(2019), 2419–2428.

Desai, M., & Shah, M. (2021). An Anatomization on Breast Cancer Detection and Diagnosis Employing Multi-Layer Perceptron Neural Network (MLP) and Convolutional Neural Network (CNN). *Clinical EHealth*, 4(2021), 1–11.

Fei, Z., Wu, Z., Xiao, Y., Ma, J., & He, W. (2020). A New Short-arc Fitting Method with High Precision using Adam Optimization Algorithm. *Optik*, 212(April),

Feng, S., Zuo, C., Yin, W., Gu, G., & Chen, Q. (2019). Micro Deep Learning Profilometry for High-Speed 3D Surface Imaging. *Optics and Lasers in Engineering*, 121(April), 416–427.

Garbin, C., Zhu, X., & Marques, O. (2020). Dropout vs. Batch Normalization: An Empirical Study of Their Impact to Deep Learning. *Multimedia Tools and Applications*, 79(19–20), 12777–12815.

Ghafari, S., Ghobadi Tarnik, M., & Sadoghi Yazdi, H. (2021). Robustness of Convolutional Neural Network Models in Hyperspectral Noisy Datasets with Loss Functions. *Computers and Electrical Engineering*, 90(January), 107009.

González-collazo, S. M., Balado, J., Garrido, I., Grandío, J., Rashdi, R., Tsiranidou, E., Río-barral, P., Rúa, E., Puente, I., & Lorenzo, H. (2020). *Santiago Urban Dataset SUD : Combination of Handled and Mobile Laser Scanning point clouds*.

Hänsch, A., Chlebus, G., Meine, H., Thielke, F., Kock, F., Paulus, T., Abolmaali, N., & Schenk, A. (2022). Improving Automatic Liver Tumor Segmentation in Late-Phase MRI using Multi-Model Training and 3D Convolutional Neural Networks. *Scientific Reports*, 12(1), 1–10.

Hao, S., Zhou, Y., & Guo, Y. (2020). A Brief Survey on Semantic Segmentation with Deep Learning. *Neurocomputing*, 406, 302–321.

Huang, H., Meng, F., Zhou, S., Jiang, F., & Manogaran, G. (2019). Brain Image Segmentation Based on FCM Clustering Algorithm and Rough Set. *IEEE Access*, 7(c), 12386–12396.

Kalayeh, M. M., & Shah, M. (2020). Training Faster by Separating Modes of Variation in Batch-Normalized Models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 42(6), 1483–1500.

Kanagavelu, R., Garai, P., Dua, K., Elias, S., Thomas, N., Elias, S., Wei, Q., Liu, Y., & Rick, G. S. M. (2022). Fedukd: Federated Unet Model with Knowledge Distillation for Land Use Classification from Satellite and Street Views. *Electronic Journal*, 1–7.

Karayegen, G., & Aksahin, M. F. (2021). Brain tumor prediction on MR images

with semantic segmentation by using deep learning network and 3D imaging of tumor region. *Biomedical Signal Processing and Control*, 66(January).

- Kesavan, M., Karthiraman, J., Ebenezer Rajadurai, T., & Adhithyan, S. (2020). Stock Market Prediction with Historical Time Series Data and Sentimental Analysis of Social Media Data. *International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2020, Iccics*, 477–482.
- Khan, H. A., Jue, W., Mushtaq, M., & Mushtaq, M. U. (2020). Brain Tumor Classification in MRI Image Using Convolutional Neural Network. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 17(5), 6203–6216.
- Khan, Z., Yahya, N., Alsaih, K., Al-Hiyali, M. I., & Meriaudeau, F. (2021). Recent Automatic Segmentation Algorithms of MRI Prostate Regions: A Review. *IEEE Access*, 9, 97878–97905.
- Khatami, R., Mountrakis, G., & Stehman, S. V. (2017). Mapping Per-Pixel Predicted Accuracy of Classified Remote Sensing Images. *Remote Sensing of Environment*, 191, 156–167.
- Kumar, A., Raja, L., Dadheech, P., & Bhardwaj, M. (2020). A Hybrid Cluster Technique for Improving The Efficiency of Colour Image Segmentation. *World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 16(6), 665–679.
- Lei, T., & Nandi, A. K. (2022). *Image Segmentation: Principles, Techniques, and Applications*.
- Lei, T., Zhou, W., Zhang, Y., Wang, R., Meng, H., & Nandi, A. K. (2020). Lightweight V-Net For Liver Segmentation. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 1379–1383.
- Li, J., Chen, H., Zhu, F., Wen, C., Chen, H., & Wang, L. (2020). Automatic Pulmonary Vein and Left Atrium Segmentation for TAPVC Preoperative Evaluation Using V-Net with Grouped Attention. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, 2020-July*, 1207–1210.
- Liu, P., Dou, Q., Wang, Q., & Heng, P. A. (2020). An Encoder-Decoder Neural Network with 3D Squeeze-and-Excitation and Deep Supervision for Brain Tumor Segmentation. *IEEE Access*, 8, 34029–34037.
- Liu, X., Yin, R., & Yin, J. (2022). Attention V-Net: A Modified V-Net Architecture for Left Atrial Segmentation. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(8), 1–13.
- Luo, P., Wang, X., Shao, W., & Peng, Z. (2019). Towards Understanding Regularization in Batch Normalization. *Learning Representations*, 1–23.
- Maleki, N., Zeinali, Y., & Niaki, S. T. A. (2021). A K-NN Method for Lung Cancer Prognosis with The Use of A Genetic Algorithm for Feature Selection. *Expert Systems with Applications*, 164(July 2019), 113981.

- Markoulidakis, I., Kopsiaftis, G., Rallis, I., & Georgoulas, I. (2021). Multi-Class Confusion Matrix Reduction Method and Its Application on Net Promoter Score classification problem. *ACM International Conference Proceeding Series*, 412–419.
- Mishra, S., Vanli, O. A., Huffer, F. W., & Jung, S. (2016). Regularized Discriminant Analysis for Multi-Sensor Decision Fusion and Damage Detection with Lamb Waves. *Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2016*, 9803(850), 98032H.
- Mohammed, K. K., Hassanien, A. E., & Afify, H. M. (2021). A 3D Image Segmentation for Lung Cancer Using V.Net Architecture Based Deep Convolutional Networks. *Medical Engineering and Technology*, 45(5), 337–343.
- Naser, M. A., & Deen, M. J. (2020). Brain Tumor Segmentation and Grading of Lower-Grade Glioma Using Deep Learning in MRI Images. *Computers in Biology and Medicine*, 121(February), 103758.
- Nazeriye, M., Haeri, A., Haghighat, F., & Panchabikesan, K. (2021). Understanding The Influence of Building Characteristics on Enhancing Energy Efficiency in Residential Buildings: A Data Mining Based Study. *Building Engineering*, 43(August), 103069.
- Nguyen-Phuoc, T., Li, C., Yang, Y. L., & Balaban, S. (2018). Rendernet: A deep Convolutional Network for Differentiable Rendering from 3D Shapes. *Advances in Neural Information Processing Systems, 2018-Decem(NeurIPS)*, 7891–7901.
- Ortega, J. H. J. C., Lagman, A. C., Natividad, L. R. Q., Bantug, E. T., Resurreccion, M. R., & Manalo, L. O. (2020). Analysis of Performance of Classification Algorithms in Mushroom Poisonous Detection using Confusion Matrix Analysis. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(1.3), 451–456.
- Pérez-García, F., Sparks, R., & Ourselin, S. (2021). TorchIO: A Python Library for Efficient Loading, Preprocessing, Augmentation and Patch-Based Sampling of Medical Images in Deep Learning. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 208.
- Perumal, S., & Velmurugan, T. (2018). Preprocessing by Contrast Enhancement Techniques for Medical Images. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(18), 3681–3688.
- Pitaloka, D. A., Wulandari, A., Basaruddin, T., & Liliana, D. Y. (2017). Enhancing CNN with Preprocessing Stage in Automatic Emotion Recognition. *Procedia Computer Science*, 116, 523–529.
- Pradani, H. N., & Mahananto, F. (2021). Studi Literatur Human Activity Recognition (HAR) Menggunakan Sensor Inersia. *Rekayasa Sistem Dan*

Teknologi Informasi, 5(6), 1193–1206.

- Qamar, S., Jin, H., Zheng, R., Ahmad, P., & Usama, M. (2020). A Variant Form of 3D-UNet for Infant Brain Segmentation. *Future Generation Computer Systems*, 108, 613–623.
- Qayyum, A., Lalande, A., & Meriaudeau, F. (2020). Automatic Segmentation of Tumors and Affected Organs in The Abdomen using A 3D Hybrid Model for Computed Tomography Imaging. *Computers in Biology and Medicine*, 127, 104097.
- Qu, L., Wu, C., & Zou, L. (2020). 3D Dense Separated Convolution Module for Volumetric Medical Image Analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(2).
- Rahmad, F., Suryanto, Y., & Ramli, K. (2020). Performance Comparison of Anti-Spam Technology Using Confusion Matrix Classification. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 879(1).
- Rahman, M. M., Tan, Y., Xue, J., & Lu, K. (2017). RGB-D Object Recognition with Multimodal Deep Convolutional Neural Networks. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, July, 991–996.
- Rao, C., & Liu, Y. (2020). Three-Dimensional Convolutional Neural Network (3D-CNN) for Heterogeneous Material Homogenization. *Computational Materials Science*, 184(February), 109850.
- Sajjad, M., Khan, Z. A., Ullah, A., Hussain, T., Ullah, W., Lee, M. Y., & Baik, S. W. (2020). A Novel CNN-GRU-Based Hybrid Approach for Short-Term Residential Load Forecasting. *IEEE Access*, 8, 143759–143768.
- Salehinejad, H., & Valaee, S. (2019). Ising-Dropout : A Regularization Method for Training and Compression of Deep Neural Networks. *2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 3602–3606.
- Satapathy, S. K., Loganathan, D., Sangameswar, M. V., & Vodnala, D. (2021). *Automated Classification of Sleep Stages Based on Electroencephalogram Signal Using Machine Learning Techniques*.
- Shi, J., Dang, J., Cui, M., Zuo, R., Shimizu, K., Tsunoda, A., & Suzuki, Y. (2021). Improvement of Damage Segmentation Based on Pixel-Level Data Balance Using VGG-Unet. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(2), 1–17.
- Sun, J., Peng, Y., Guo, Y., & Li, D. (2021). Segmentation of The Multimodal Brain Tumor Image Used The Multi-Pathway Architecture Method Based on 3D FCN. *Neurocomputing*, 423, 34–45.
- Teja Reddy, S. P., Teja Karri, S., Dubey, S. R., & Mukherjee, S. (2019). Spontaneous Facial Micro-Expression Recognition using 3D Spatiotemporal Convolutional Neural Networks. *International Joint Conference on Neural Networks, 2019-July(July)*, 1–8.

- Toraman, S., Alakus, T. B., & Turkoglu, I. (2020). Convolutional Capsnet: A Novel Artificial Neural Network Approach to Detect COVID-19 Disease from X-ray Images Using Capsule Networks. *Chaos, Solitons and Fractals*, *140*, 110122.
- Wang, S. H., Muhammad, K., Hong, J., Sangaiyah, A. K., & Zhang, Y. D. (2020). Alcoholism Identification Via Convolutional Neural Network aBsed on Parametric ReLU, Dropout, and Batch Normalization. *Neural Computing and Applications*, *32*(3), 665–680. <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3924-0>
- Wang, X.-R., Ma, X., Jin, L.-X., Gao, Y.-J., Xue, Y.-J., Li, J.-L., Bai, W.-X., Han, M.-F., Zhou, Q., Shi, F., & Wang, J. (2022). Application Value of A Deep Learning Method Based on A 3D V-Net Convolutional Neural Network in The Recognition and Segmentation of The Auditory Ossicles. *Frontiers in Neuroinformatics*, *16*(August), 1–12.
- Widyaningrum, D., & Mulyana, T. M. S. (2020). Representasi Matrik Brightness Pola Gaussian Dengan Proyeksi Paralel Kaidah Tangan Kanan. *Teknologi Informasi Dan Terapan*, *7*(1), 39–45.
- Wu, J. (2017). *Introduction to Convolutional Neural Networks*.
- Wu, J., Zhou, L., Gou, F., & Tan, Y. (2022). A Residual Fusion Network for Osteosarcoma MRI Image Segmentation in Developing Countries. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022.
- Wu, L., Zhang, X., Chen, X., & Chen, X. (2019). Visualized Evidences for Detecting Novelty in Myoelectric Pattern Recognition using 3D Convolutional Neural Networks. *International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2641–2644.
- Wu, Y., Xia, Y., Song, Y., Zhang, Y., & Cai, W. (2020). NFN+: A Novel Network Followed Network for Retinal Vessel Segmentation. *Neural Networks*, *126*, 153–162.
- Zafar, A., Aamir, M., Mohd Nawi, N., Arshad, A., Riaz, S., Alruban, A., Dutta, A. K., & Almotairi, S. (2022). A Comparison of Pooling Methods for Convolutional Neural Networks. *Applied Sciences*, *12*(17), 8643.
- Zhang, Y., Liao, Q., Ding, L., & Zhang, J. (2022). Bridging 2D and 3D Segmentation Networks for Computation-Efficient Volumetric Medical Image Segmentation: An Empirical Study of 2.5D Solutions. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 99.
- Zhang, Y., Liu, S., Li, C., & Wang, J. (2021). Rethinking the Dice Loss for Deep Learning Lesion Segmentation in Medical Images. *Shanghai Jiaotong University*, *26*(1), 93–102.
- Zhang, Y., Mehta, S., & Caspi, A. (2021). Rethinking Semantic Segmentation Evaluation for Explainability and Model Selection. *IJCS*. <http://arxiv.org/abs/2101.08418>

Zhao, C., Keyak, J. H., Tang, J., Kaneko, T. S., Khosla, S., Amin, S., Atkinson, E. J., Zhao, L. J., Serou, M. J., Zhang, C., Shen, H., Deng, H. W., & Zhou, W. (2021). ST-V-Net: Incorporating Shape Prior Into Convolutional Neural Networks for Proximal Femur Segmentation. *Complex and Intelligent Systems*, 0123456789.