

Evaluasi Segmentasi Otak dan Prediksi Overall Survival pada Dataset BRATS 2020

<http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v2i1.13880>

Received: 29 November 2025 | Revised: 21 Februari 2026 | Accepted: 29 Maret 2026

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



Annisa Maizano Fahlevi^{✉#1}, Riko Arlando Saragih^{*2}

[#]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi dan Rekayasa Cerdas, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Surya Sumantri No.65, Bandung, Jawa Barat 40164, Indonesia
¹2222001@eng.maranatha.edu

^{*}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi dan Rekayasa Cerdas, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Surya Sumantri No.65, Bandung, Jawa Barat 40164, Indonesia
²riko.as@eng.maranatha.edu

[✉]Corresponding author: 2222001@eng.maranatha.edu

How to cite this article:

A. M. Fahlevi, R. A. Saragih, “Brain Tumor Segmentation Evaluation and Overall Survival Prediction on the BRATS 2020 Dataset,” *Journal of Smart Technology and Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 26-30, 2026.
<http://dx.doi.org/10.28932/jste.v2i1.13380>

Abstrak — Penilaian *Overall Survival* (OS) pada pasien dengan glioma merupakan aspek penting dalam analisis citra medis berbasis MRI. OS membantu strategi dan proses dalam terapi terhadap pasien. Salah satu tantangan utama dalam pengembangan model prediksi berbasis citra adalah kebutuhan segmentasi tumor yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model prediksi OS berbasis MRI dari dataset *Brain Tumor Segmentation 2020* (BraTS2020), dengan memanfaatkan dua jenis *masked image*, yaitu *ground truth mask* dan *mask* hasil segmentasi (*predicted mask*) yang menggunakan arsitektur 3D U-Net. Klasifikasi OS dilakukan menjadi tiga kategori waktu (< 10 bulan, 10-15 bulan, dan > 15 bulan). Akurasi yang dihasilkan model prediksi menggunakan *ground truth mask* mencapai 0.9792, sedangkan *predicted mask* menghasilkan akurasi 0.9583. Temuan ini mengindikasikan bahwa pipeline otomatis berbasis segmentasi *deep learning* berpotensi menggantikan segmentasi manual dalam aplikasi klinis skala besar.

Kata Kunci — segmentation; otak; tumor; glioma; MRI.

Brain Tumor Segmentation Evaluation and Overall Survival Prediction on the BRATS 2020 Dataset

Abstract — *Overall survival* (OS) assessment in glioma patients is a crucial component of MRI-based medical image analysis, as OS estimation directly influences clinical decision-making and treatment planning. One of the central challenges in developing image-based predictive models lies in the dependency on accurate tumor segmentation. This study aims to construct an MRI-based OS prediction model using the *Brain Tumor Segmentation 2020* (BraTS 2020) dataset by incorporating two types of masked images: *ground truth masks* and automatically generated *predicted masks* derived from a 3D U-Net segmentation model. OS classification was grouped into three categories (< 10 months, 10–15 months, and > 15 months). The predictive model achieved an accuracy of 0.9792 when using *ground truth masks* and 0.9583 when using *predicted masks*. These findings suggest that a fully automated deep-learning-based segmentation pipeline can approximate the performance of manual segmentation and holds strong potential for large-scale clinical applications where manual annotation is impractical.

Keywords — brain; glioma; MRI; segmentation.

I. PENDAHULUAN

Di antara jenis-jenis penyakit tumor otak yang ada, glioma adalah jenis tumor otak ganas yang umumnya menyerang orang dewasa. Jenis tumor ini memiliki tingkat mortalitas tinggi dengan sebagian besar pasien meninggal dalam kurun waktu dua tahun sejak didiagnosis [1]. Kondisi ini diperburuk jika penyakit ini terlambat dideteksi lebih awal sehingga upaya memperlambat pemburukan kondisi fisik penderita penyakit ini menjadi tertunda.

Pemanfaatan citra medis untuk mengamati kondisi terkini pasien sudah lazim dilakukan. Hal ini karena tindakan ini tidak bersifat invasif dan mengurangi resiko pemulihan luka dibandingkan tindakan invasif (sayatan). Juga hal ini secara psikologis lebih menenangkan bagi pasien sehingga diagnosa penyakit bisa lebih rileks dilakukan.

Prediksi *Overall Survival* (OS) adalah salah satu hal penting yang membantu dokter dalam menentukan dan membuat perencanaan terapi, serta mengidentifikasi pasien dengan risiko tinggi lebih awal. Salah satu modalitas citra medis yang dapat digunakan dalam melakukan prediksi OS adalah *Magnetic Resonance Imaging* (MRI).

Brain Tumor Segmentation 2020 (BraTS2020) menyediakan data MRI yang dilengkapi dengan segmentasi manual dan informasi OS sebagian subjek [2]. Segmentasi citra MRI, terutama pada subjek dengan tumor penting karena subwilayah tumor memiliki hubungan dengan karakteristik glioma dan prognosis pasien, yang berguna dalam melakukan prediksi OS [3].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian prediksi OS masih mengandalkan segmentasi manual sebagai langkah awal, padahal proses tersebut memakan waktu dan sangat bergantung pada tenaga ahli medis [4]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat diaplikasikan model segmentasi berbasis *deep learning* untuk melakukan segmentasi otomatis. Salah satunya adalah model yang dibangun menggunakan arsitektur 3D U-Net [5]. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi dalam melakukan prediksi OS yang memanfaatkan dua jenis segmentasi, yaitu segmentasi manual (*ground truth*) dan segmentasi otomatis yang memanfaatkan model *deep learning* berbasis 3D U-Net. Kemudian performa dari kedua pendekatan tersebut akan dibandingkan berdasarkan metrik evaluasi, seperti akurasi, *recall*, dan presisi.

Secara keseluruhan, tujuan penelitian ini adalah menilai pengaruh kualitas segmentasi terhadap akurasi prediksi OS pada dataset BraTS 2020 serta mengevaluasi apakah segmentasi otomatis cukup layak menggantikan anotasi manual dalam praktik klinis dan penelitian di masa mendatang.

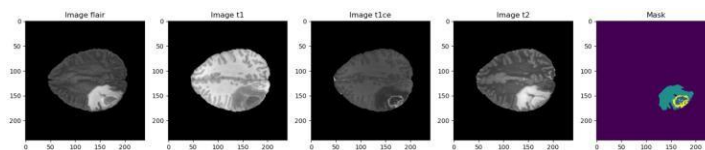
II. METODE

A. Dataset

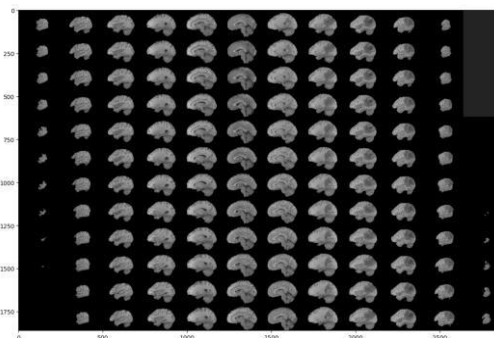
Brain Tumor Segmentation (BraTS) yang merupakan dataset kompetisi dan *benchmark* internasional yang menyediakan dataset MRI multimodal untuk beberapa tugas, termasuk segmentasi dan prediksi *overall survival*. Dataset BraTS 2020 berisi 369 *training* data dan 125 *validation* data. Dataset ini menyediakan empat modalitas MRI: T1, T1ce, T2, dan FLAIR, yang telah melalui skull-stripping, co-registration ke atlas, dan isotropic resampling 1 mm³ [6]. Dari seluruh subjek tersebut, sebanyak 236 subjek memiliki informasi OS dalam bentuk usia kelangsungan hidup dalam hari. *Ground truth* disediakan untuk seluruh subjek berupa *multilabel mask*. Setiap kasus memiliki *ground truth* segmentasi dari pakar neuroradiologi untuk tiga sub-region tumor, yaitu Whole Tumor (WT), Tumor Core (TC), dan Enhancing Tumor (ET).

Rentang waktu OS akan dikategorikan ke dalam tiga kelas [7]:

- Kategori 0: <10 bulan
- Kategori 1: 10-15 bulan
- Kategori 2: >15 bulan



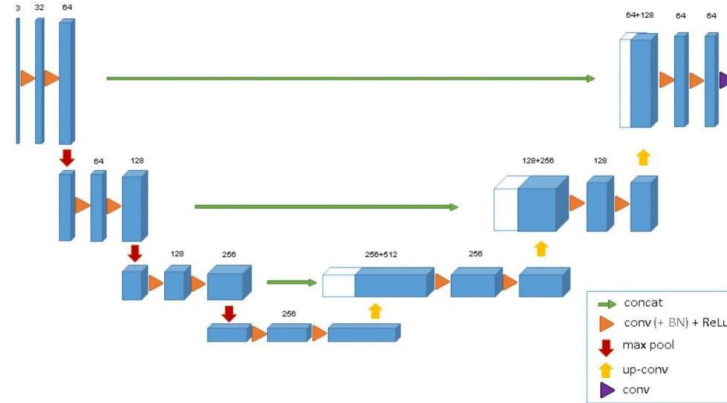
Gambar 1. Contoh Citra Salah Satu Subjek Dataset BraTS 2020



Gambar 2. Tampilan Axis Coronal 2D Salah Satu Subjek

B. Segmentasi Tumor

Segmentasi otomatis menggunakan arsitektur 3D U-Net seperti yang diperkenalkan oleh Çiçek et al. [8]. Implementasi awal model diadaptasi dari notebook publik karya Duy Nguyen di platform Kaggle [9], kemudian dimodifikasi agar sesuai dengan kebutuhan preprocessing dan struktur data penelitian ini. *Predicted mask* dari hasil segmentasi akan digunakan sebagai input untuk proses *feature extraction* pada prediksi OS berbasis segmentasi otomatis, sementara *ground truth mask* akan digunakan sebagai input untuk proses *feature extraction* pada prediksi OS berbasis segmentasi manual.



Gambar 3. Arsitektur 3D U-Net [11]

C. Feature Extraction

Ekstraksi fitur dilakukan secara langsung dari citra MRI dan masker tumor untuk mendapatkan representasi kuantitatif yang mencerminkan struktur serta karakteristik intensitas dari masing-masing subwilayah otak. Empat komponen utama tumor dianalisis, yaitu Enhancing Tumor (ET), Edema (ED), Non-Enhancing Core/Necrotic Core (NCR/NET), dan Whole Tumor (WT) yang merupakan gabungan seluruh label.

Volume dihitung berdasarkan jumlah voxel aktif pada masing-masing label. Selain volume, statistik intensitas dasar seperti nilai rata-rata, standar deviasi, minimum, dan maksimum dihitung pada empat modalitas MRI (FLAIR, T1, T1CE, dan T2), dengan perhitungan dilakukan hanya pada voxel yang termasuk dalam subwilayah otak terkait. Selain itu, dihitung pula axial tumor extent, yaitu jumlah irisan axial yang mengandung voxel tumor, yang memberikan gambaran mengenai seberapa jauh tumor menyebar.

D. Prediksi Overall Survival (OS)

Prediksi OS akan dilakukan menggunakan Random Forest [10]. Data yang digunakan sebanyak 236 subjek yang disertai informasi OS untuk setiap subjeknya. Data akan dibagi 80:20 sebagai data *train* dan *test*. Prediksi akan dilakukan menggunakan dua pendekatan yaitu pertama dengan memanfaatkan *ground truth mask* dan kedua menggunakan *predicted mask*. Hasil akhir akan dievaluasi menggunakan metrik akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

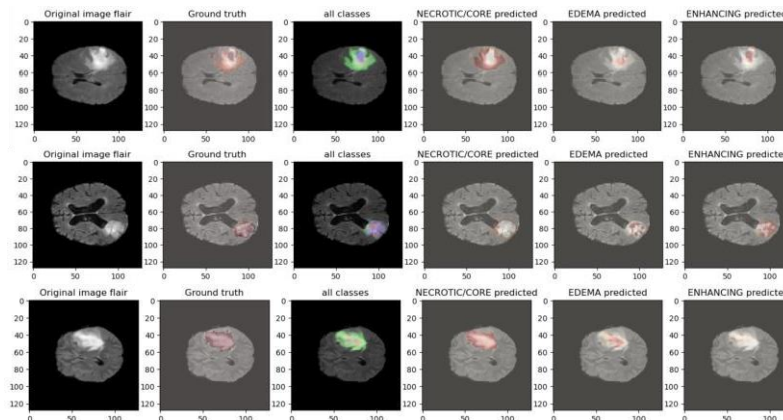
$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F1 - score = 2 \times \frac{precision \times recall}{precision + recall} \quad (4)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis performa dilakukan dengan membandingkan hasil performa prediksi OS berdasarkan dua sumber segmentasi, yaitu *ground truth mask* dan *predicted mask* dari hasil segmentasi otomatis menggunakan arsitektur 3D U-Net. Seluruh evaluasi dilakukan pada 48 subjek pada set pengujian. Prediksi OS menggunakan *ground truth mask* menghasilkan akurasi 0.9792, yang menandakan bahwa fitur yang diekstraksi dari segmentasi manual mampu menangkap variasi struktural tumor secara konsisten. Sementara itu hasil prediksi menggunakan segmentasi otomatis menghasilkan 0.9583, angka tersebut

menunjukkan bahwa perfforma segmentasi 3D U-Net tidak secara drastis mengganggu struktur fitur yang digunakan untuk prediksi OS. Perbandingan hasil evaluasi menggunakan metrik evaluasi (Tabel I).



Gambar 4. Hasil Predicted Mask Menggunakan 3D U-Net dan Ground Truth Mask

TABEL I
 PREDIKSI OS MENGGUNAKAN GROUND TRUTH MASK DAN PREDICTED MASK

Sumber Segmentasi	Ground Truth Mask	Predicted Mask (3D U-Net)
Precision (Macro Avg)	0.49	0.97
Recall (Macro Avg)	0.50	0.94
F1-Score (Macro Avg)	0.49	0.95
Accuracy	0.9792	0.9583

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi segmentasi otomatis berbasis 3D U-Net mampu menghasilkan prediksi OS yang menghasilkan kualitas yang cukup dan kompetitif dibandingkan dengan segmentasi manual pada dataset BRATS 2020. Meski demikian, hasil perbandingan menunjukkan bahwa model masih cenderung sensitif terhadap distribusi kelas yang tidak seimbang, terutama pada kelas *survival* dengan jumlah sampel sangat sedikit. Kondisi ini memengaruhi indikator seperti *precision* dan *recall* pada metrik *macro-average*. Oleh karena itu, Untuk meningkatkan kemampuan generalisasi, penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi model pada dataset lintas-rumah sakit, atau menerapkan teknik pelatihan model yang lebih tahap terhadap ketidakseimbangan kelas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Kristen Maranatha yang menyediakan fasilitas komputasi untuk penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada Duy Nguyen atas ketersediaan notebook 3D U-Net di platform Kaggle yang menjadi referensi awal dalam pengembangan model segmentasi pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Y. Wen and S. Kesari, "Malignant gliomas in adults," *New England Journal of Medicine*, vol. 359, no. 5, pp. 492–507, 2008, doi: 10.1056/NEJMra0708126.
- [2] B. H. Menze *et al.*, "BRATS 2020: Benchmarking Brain Tumor Segmentation and Survival Prediction," *Proc. Int. MICCAI Conf.*, 2020. Available: <https://zenodo.org/records/3718904>
- [3] F. Isensee *et al.*, "nnU-Net: Self-adapting Framework for U-Net-Based Medical Image Segmentation," *Nat. Methods*, vol. 18, pp. 203–211, 2018. Available: <https://arxiv.org/abs/1809.10486>
- [4] S. van Griethuysen *et al.*, "Computational Radiomics System to Decode the Radiographic Phenotype," *Cancer Res.*, vol. 77, no. 21, pp. 104–113, Nov. 2017. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29092951/>
- [5] S. Bakas *et al.*, "Identifying the best machine learning algorithms for brain tumor segmentation, progression assessment, and overall survival prediction in the BraTS challenge," *arXiv:1811.02629*, 2018. Available: <https://arxiv.org/abs/1811.02629>
- [6] A. Shaheen *et al.*, "Overall Survival Prediction of Glioma Patients With Multiregional Radiomics," *Front. Neurosci.*, vol. 16, p. 911065, Jul. 2022, doi: 10.3389/fnins.2022.911065. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35873825/>
- [7] B. Çiçek, A. Abdulkadir, S. S. Lienkamp, T. Brox, and O. Ronneberger, "3D U-Net: Learning Dense Volumetric Segmentation from Sparse Annotation," in *Proc. MICCAI*, 2016, pp. 424–432. Available: <https://arxiv.org/abs/1606.06650>

- [8] D. Nguyen, "3D U-Net on BRATS 2020 Model V2," Kaggle Notebook, 2020. [Online]. Available: <https://kaggle.com/code/duynguyen3213213123/3d-u-net-on-brats-2020-model-v2>
- [9] L. Breiman, "Random Forests," *Mach. Learn.*, vol. 45, pp. 5–32, 2001, doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- [10] P. Soleimani and N. Farezi, "Utilizing deep learning via the 3D U-net neural network for the delineation of brain stroke lesions in MRI image," *Scientific Reports*, vol. 13, no. 19808, 2023, doi: [10.1038/s41598-023-47107-7](https://doi.org/10.1038/s41598-023-47107-7). Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-47107-7>