

**KLASIFIKASI MULTI-KELAS SUBTIPE KANKER
GINJAL MENGGUNAKAN FITUR RADIOMIK DAN
MACHINE LEARNING**

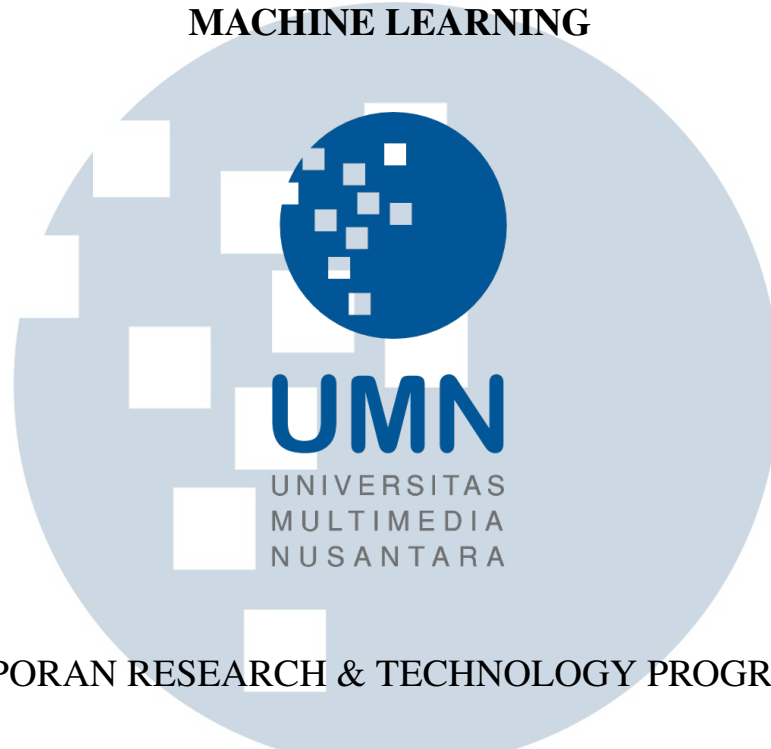


LAPORAN RESEARCH & TECHNOLOGY PROGRAM

**AUDREY GRACIA CHANDRA
00000069296**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2026**

**KLASIFIKASI MULTI-KELAS SUBTIPE KANKER
GINJAL MENGGUNAKAN FITUR RADIOMIK DAN
MACHINE LEARNING**



LAPORAN RESEARCH & TECHNOLOGY PROGRAM

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Komputer (S.Kom.)

**AUDREY GRACIA CHANDRA
00000069296**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2026**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Audrey Gracia Chandra
NIM : 00000069296
Program Studi : Informatika

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Research & Technology Program saya yang berjudul:

Klasifikasi Multi-Kelas Subtipe Kanker Ginjal Menggunakan Fitur Radiomik dan Machine Learning

merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan hasil plagiat, dan tidak pula dituliskan oleh orang lain; Semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya cantumkan dan nyatakan dengan benar pada bagian Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan laporan karya ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi untuk dinyatakan TIDAK LULUS. Saya juga bersedia menanggung segala konsekuensi hukum yang berkaitan dengan tindak plagiarisme ini sebagai kesalahan saya pribadi dan bukan tanggung jawab Universitas Multimedia Nusantara.

Tangerang, 22 Desember 2025



(Audrey Gracia Chandra)

HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Audrey Gracia Chandra
NIM : 00000069296
Program Studi : Informatika
Judul Laporan : Klasifikasi Multi-Kelas Subtipe Kanker Ginjal
Menggunakan Fitur Radiomik dan Machine Learning

Dengan ini saya menyatakan secara jujur menggunakan bantuan Kecerdasan Artifisial (AI) dalam pengerjaan Laporan MBKM Magang sebagai berikut :

- ☒ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu dalam menghasilkan ide-ide utama saja.
- ☒ Menggunakan AI sebagaimana diizinkan untuk membantu menghasilkan teks pertama saja.
- ☒ Menggunakan AI untuk menyempurnakan sintaksis dan tata bahasa untuk pengumpulan tugas.
- ☐ Karena tidak diizinkan: Tidak menggunakan bantuan AI dengan cara apa pun dalam pembuatan tugas.

Saya juga menyatakan bahwa:

1. Menyerahkan secara lengkap dan jujur penggunaan perangkat AI yang diperlukan dalam tugas melalui Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI)
2. Mengakui telah menggunakan bantuan AI dalam tugas saya baik dalam bentuk kata, paraphrase, penyertaan ide atau fakta penting yang disarankan oleh AI dan saya telah menyantumkan dalam sitasi serta referensi
3. Terlepas dari pernyataan di atas, tugas ini sepenuhnya merupakan karya saya sendiri

Tangerang, 22 Desember 2025



(Audrey Gracia Chandra)

HALAMAN PERNYATAAN KEABSAHAN PERUSAHAAN

Nama : Audrey Gracia Chandra
NIM : 00000069296
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknik dan Informatika

Menyatakan bahwa saya melaksanakan kegiatan di:

Nama Perusahaan : Universitas Multimedia Nusantara
Alamat : Jalan Scientia Boulevard Gading, Curug Sangereng,
Serpong, Kabupaten Tangerang, Banten 15810
Email Perusahaan : fti@umn.ac.id

1. Perusahaan/Organisasi tempat saya melakukan kegiatan dapat di validasi keberadaannya.
2. Jika dikemudian hari, terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan data yang tidak valid di perusahaan/organisasi tempat saya melakukan kegiatan, maka:
 - a. Saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah yang telah saya tempuh.
 - b. Saya bersedia menerima semua sanksi yang berlaku sebagaimana ditetapkan dalam peraturan yang berlaku di Universitas Multimedia Nusantara.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui,

(Marlinda Vasty Overbeek)



Tangerang, 19 Desember 2025

Menyatakan,

(Audrey Gracia Chandra)

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

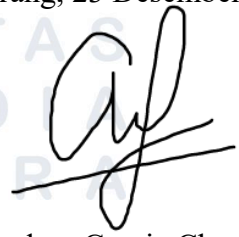
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Audrey Gracia Chandra
NIM : 00000069296
Program Studi : Informatika
Jenjang : S1
Judul Karya Ilmiah : Klasifikasi Multi-Kelas Subtipe Kanker
Ginjal Menggunakan Fitur Radiomik dan Machine Learning

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa saya bersedia (**pilih salah satu**):

- ☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk memublikasikan hasil laporan saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh civitas academica UMN/ publik. Saya menyatakan bahwa laporan yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia memublikasikan hasil laporan ini ke dalam repositori Knowledge Center karena ada data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
 - ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara.
 - ☐ Embargo publikasi laporan dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 23 Desember 2025



(Audrey Gracia Chandra)

Halaman Persembahan / Motto

"For the Lord your God goes with you, fighting for you to give you salvation from those who are against you"

Deuteronomy 20:4 (BBE)



KATA PENGANTAR

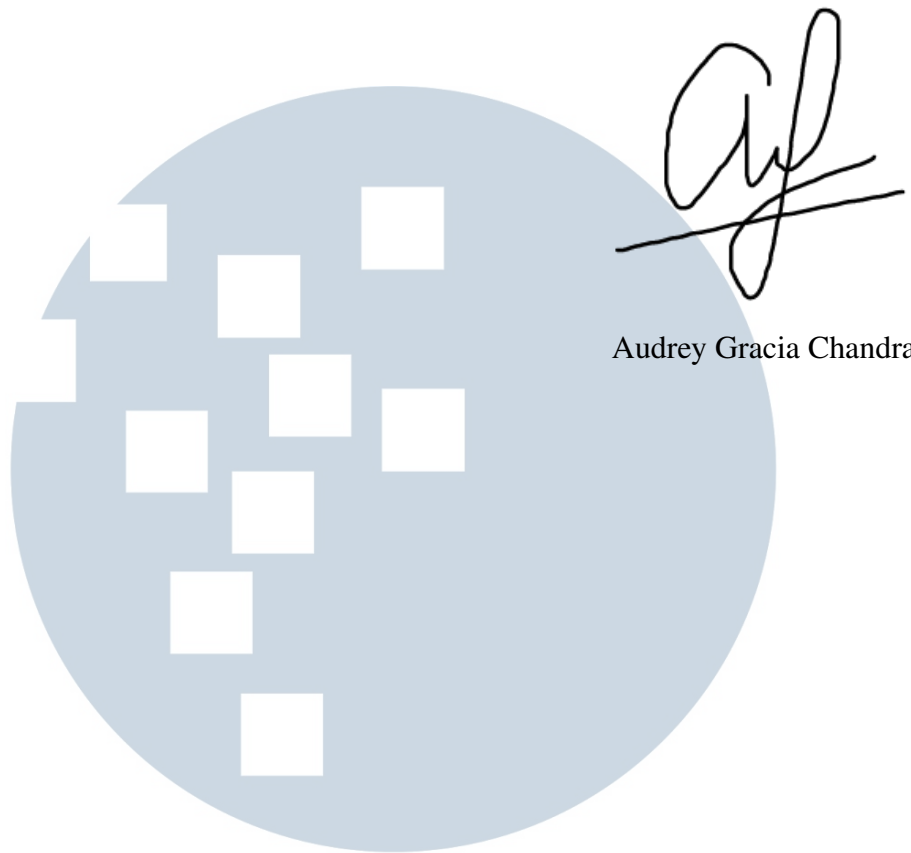
Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Andrey Andoko, M.Sc., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
2. Bapak Dr. Eng. Niki Prastomo, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara.
3. Bapak Arya Wicaksana, S.Kom., M.Eng.Sc., OCA, selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Multimedia Nusantara.
4. Bapak Dr. Ivransa Zuhdi Pane, B.Eng., M.Eng., selaku Pembimbing Pertama yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Bapak/Ibu Marlinda Vasty Overbeek, S.Kom., M.Kom., selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Orang tua, keluarga, serta teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ilmiah ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

Tangerang, 22 Desember 2025



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

KLASIFIKASI MULTI-KELAS SUBTIPE KANKER GINJAL MENGUNAKAN FITUR RADIOMIK DAN MACHINE LEARNING

Audrey Gracia Chandra

ABSTRAK

Karsinoma Sel Ginjal atau *Renal Cell Carcinoma* (RCC) terdiri dari beberapa sub tipe dengan karakteristik biologis dan respons terapi yang berbeda, sehingga klasifikasi sub tipe yang akurat menjadi sangat penting dalam pengambilan keputusan klinis. Namun, penilaian visual citra *computed tomography* sering menghadapi keterbatasan akibat kemiripan karakteristik morfologi, terutama antara tumor jinak seperti *oncocytoma* dan sub tipe ganas seperti *chromophobe RCC*. Penelitian ini mengusulkan sebuah kerangka kerja berbasis radiomik dan *machine learning* untuk klasifikasi multikelas sub tipe kanker ginjal menggunakan citra *computed tomography*. Fitur radiomik yang mencakup karakteristik bentuk, statistik orde pertama, dan fitur tekstur diekstraksi dari area tumor hasil segmentasi. Untuk mengurangi redundansi fitur dan meningkatkan kinerja model, tiga metode seleksi fitur digunakan, yaitu ANOVA F-test, *Recursive Feature Elimination* berbasis *Linear Support Vector Machine*, dan *Mutual Information*. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma Logistic Regression, Random Forest, dan XGBoost. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kombinasi Logistic Regression dengan *Recursive Feature Elimination* berbasis *Linear Support Vector Machine* memberikan performa terbaik dengan akurasi sebesar 81,8% serta nilai *F1-score* tertinggi dibandingkan konfigurasi lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan fitur yang tepat berperan penting dalam meningkatkan performa klasifikasi berbasis radiomik dan menegaskan potensi *machine learning* sebagai alat bantu diagnosis non-invasif untuk klasifikasi sub tipe kanker ginjal.

Kata kunci: Kanker ginjal; Pembelajaran Mesin; Radiomik

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

MULTI-CLASS CLASSIFICATION OF RENAL CANCER SUBTYPES USING RADIOMIC FEATURES AND MACHINE LEARNING

Audrey Gracia Chandra

ABSTRACT

Renal Cell Carcinoma (RCC) consists of several subtypes with different biological characteristics and therapeutic responses, making accurate subtype classification essential for clinical decision making. However, visual assessment of computed tomography images often faces limitations due to overlapping morphological characteristics, particularly between benign tumors such as oncocytoma and malignant subtypes like chromophobe RCC. This study proposes a radiomics based machine learning framework for multi class classification of kidney tumor subtypes using computed tomography images. Radiomic features including shape, first order statistics, and texture features were extracted from segmented tumor regions. To reduce feature redundancy and improve model performance, three feature selection methods, namely ANOVA F test, Recursive Feature Elimination with Linear SVM, and Mutual Information, were evaluated. Classification was performed using Logistic Regression, Random Forest, and XGBoost models. Experimental results show that the combination of Logistic Regression and RFE LSVM achieved the best performance, with an accuracy of 81.8 percent and the highest F1 score among all evaluated configurations. These findings indicate that appropriate feature selection plays a crucial role in improving radiomics based classification performance and demonstrate the potential of machine learning as a non invasive decision support tool for kidney cancer subtype classification.

Keywords: *Kidney cancer; Machine learning; Radiomics*

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEABSAHAN PERUSAHAAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN/MOTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR KODE	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Urgensi Penelitian	3
1.5 Luaran Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Subtipe kanker ginjal	5
2.1.1 Cell Renal Cell Carcinoma	5
2.1.2 Papillary Renal Cell Carcinoma (PRCC)	6
2.1.3 Chromophobe	8
2.1.4 Oncocytoma	9
2.2 Machine Learning	11
2.2.1 Ensemble Learning	11
2.3 Extreme Gradient Boosting (XGBoost)	14
2.3.1 Prinsip Dasar Gradient Boosting	14
2.3.2 Taylor Expansion dan Optimisasi Fungsi Objektif	15
2.3.3 Regularisasi dan Kompleksitas Model	15
2.3.4 Pencarian Split dan Optimisasi Pohon	16
2.3.5 Keunggulan Teknis XGBoost	16
2.3.6 Aplikasi XGBoost dalam Klasifikasi Medis	16
2.4 Random Forest	17
2.4.1 Prinsip Dasar dan Pembentukan Model	17
2.4.2 Pemilihan Fitur dan Fungsi Impurity	18
2.4.3 Out-of-Bag (OOB) Estimation	19
2.4.4 Feature Importance	19
2.5 Logistic Regression	20
2.5.1 Prinsip Dasar dan Fungsi Logit	20
2.5.2 Fungsi Biaya dan Estimasi Parameter	21
2.5.3 Fungsi Keputusan dan Margin Klasifikasi	21
2.5.4 Regularisasi pada Logistic Regression	22

2.5.5	Aplikasi Logistic Regression dalam Klasifikasi Medis	22
2.5.6	Kelebihan Logistic Regression dalam Domain Medis	22
2.6	Metrik Evaluasi	23
2.6.1	Confusion Matrix	23
2.6.2	Accuracy	24
2.6.3	Precision	24
2.6.4	Recall (Sensitivitas)	25
2.6.5	F1-Score	25
2.6.6	Penggunaan dalam Klasifikasi Kanker Ginjal	26
2.7	Feature Extraction	26
2.7.1	Shape Features	27
2.7.2	First-Order Statistical Features	27
2.7.3	Second-Order Texture Features	28
2.7.4	Feature Selection	29
BAB 3	METODE PENELITIAN	31
3.1	Pengumpulan dan Pembersihan Data	32
3.2	Preprocessing Citra CT	33
3.3	<i>Feature Extraction</i>	34
3.4	<i>Feature Selection</i>	35
3.5	Pembangunan dan Evaluasi Model	36
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1	Pengumpulan Data	38
4.2	Preprocessing Data	40
4.3	Feature Extraction	42
4.4	Feature Selection	44
4.4.1	Strict Correlation-Based Feature Selection	45
4.4.2	Feature Selection Berbasis Relevansi	46
4.5	Pembangunan dan Evaluasi Model	53
4.5.1	Pembangunan Model Tanpa Feature Selection	54
4.5.2	Pembangunan Model dengan Feature Selection	58
4.5.3	Analisis Hasil Keseluruhan Model	69
BAB 5	SIMPULAN SARAN	71
5.1	Simpulan	71
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA		74

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil Evaluasi Model Klasifikasi Tanpa Feature Selection .	57
Tabel 4.2	Hasil Evaluasi Model XGBoost dengan Berbagai Metode Feature Selection	61
Tabel 4.3	Hasil Evaluasi Model Random Forest dengan Berbagai Metode Feature Selection	65
Tabel 4.4	Hasil Evaluasi Logistic Regression dengan Berbagai Metode Feature Selection	68
Tabel 4.5	Perbandingan Performa Seluruh Model dengan Berbagai Metode Feature Selection	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambaran histopatologi metastasis <i>clear cell renal cell carcinoma</i>	6
Gambar 2.2	Gambaran histopatologi metastasis <i>Papillary Renal Cell Carcinoma</i>	7
Gambar 2.3	Gambaran histopatologi metastasis <i>Chromophobe Renal Cell Carcinoma</i>	8
Gambar 2.4	Gambaran histopatologi metastasis <i>Oncocytoma</i>	10
Gambar 3.1	Pipeline penelitian radiomik	31
Gambar 3.2	Alur pengumpulan dataset	32
Gambar 3.3	Preprocessing Data	33
Gambar 3.4	Feature Extraction	34
Gambar 3.5	Flowchart Fitur Seleksi	35
Gambar 3.6	Pembangunan dan Evaluasi Model	36
Gambar 4.1	Struktur direktori dataset KiTS19 setelah proses ekstraksi	39
Gambar 4.2	Hasil jumlah fitur radiomik yang diekstraksi	44
Gambar 4.3	Hasil seleksi fitur menggunakan ANOVA F-test	47
Gambar 4.4	Hasil seleksi fitur menggunakan RFE-LSVM	49
Gambar 4.5	Hasil seleksi fitur menggunakan Mutual Information	51
Gambar 4.6	Confusion matrix model XGBoost tanpa feature selection	55
Gambar 4.7	Confusion matrix model Random Forest tanpa feature selection	55
Gambar 4.8	Confusion matrix model Logistic Regression tanpa feature selection	56
Gambar 4.9	Confusion matrix model XGBoost dengan metode feature selection ANOVA	59
Gambar 4.10	Confusion matrix model XGBoost dengan metode feature selection Mutual Information	60
Gambar 4.11	Confusion matrix model XGBoost dengan metode feature selection RFE-LSVM	61
Gambar 4.12	Confusion matrix model Random Forest dengan metode feature selection ANOVA	62
Gambar 4.13	Confusion matrix model Random Forest dengan metode feature selection RFE-LSVM	63
Gambar 4.14	Confusion matrix model Random Forest dengan metode feature selection Mutual Information	64
Gambar 4.15	Confusion matrix model Logistic Regression dengan ANOVA	66
Gambar 4.16	Confusion matrix model Logistic Regression dengan RFE-LSVM	67
Gambar 4.17	Confusion matrix model Logistic Regression dengan Mutual Information	68
Gambar 4.18	Perbandingan rata-rata akurasi semua model dan metode seleksi fitur	69

DAFTAR KODE

Kode 4.1	Potongan kode proses resampling citra CT dan mask segmentasi .	40
Kode 4.2	Eksekusi proses resampling untuk setiap kasus pasien	41
Kode 4.3	Integrasi preprocessing dengan tahap ekstraksi fitur radiomik . .	41
Kode 4.4	Konfigurasi parameter PyRadiomics untuk ekstraksi fitur	43
Kode 4.5	Strict correlation-based feature selection	45



DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1	Fungsi untuk Prinsip Dasar <i>Ensemble Learning</i>	12
Rumus 2.2	Model Dasar XGBoost	13
Rumus 2.3	Fungsi Objektif XGBoost	14
Rumus 2.4	Pohon Keputusan dan Model Akhir XGBoost	15
Rumus 2.5	Taylor Expansion XGBoost	15
Rumus 2.6	Fungsi Regularisasi dan Kompleksitas Model XGBoost	15
Rumus 2.7	Split Point XGBoost	16
Rumus 2.8	Rumus Random Forest untuk kasus klasifikasi	18
Rumus 2.9	Rumus Random Forest untuk kasus regresi	18
Rumus 2.10	Gini Index Random Forest	18
Rumus 2.11	Entropy Random Forest	18
Rumus 2.12	Information Gain Random Forest	18
Rumus 2.13	Rumus menghitung Out of Bag estimation Random Forest	19
Rumus 2.14	Rumus Feature Importance Random Forest	19
Rumus 2.15	Rumus variabel dan probabilitas dalam Logistic Regression	20
Rumus 2.16	Rumus menghitung probabilitas Logistic Regression	20
Rumus 2.17	Fungsi likelihood Logistic Regression	21
Rumus 2.18	Fungsi likelihood Logistic Regression yang di permudah	21
Rumus 2.19	Fungsi keputusan klasifikasi Logistic Regression	21
Rumus 2.20	Fungsi biaya penalti L2 Logistic Regression	22
Rumus 2.21	Rumus menghitung Accuracy	24
Rumus 2.22	Rumus menghitung Precision	24
Rumus 2.23	Rumus menghitung Recall	25
Rumus 2.24	Rumus menghitung F1-Score	25
Rumus 2.25	Fungsi <i>Shape Order Feature Extraction</i>	27
Rumus 2.26	Fungsi <i>First Order Feature Extraction</i>	28
Rumus 2.28	Rumus Mutual Information	30
Rumus 2.29	Rumus ANOVA	30

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	MBKM-01 Cover Letter MBKM Research	79
Lampiran 2	MBKM-02 MBKM Research Card	80
Lampiran 3	MBKM-03 Daily Task - MBKM Research	81
Lampiran 4	MBKM-04 Verification Form of Research Report MBKM Research	91
Lampiran 5	Letter of Acceptance	92
Lampiran 6	Form Bimbingan	93
Lampiran 7	Laporan Turnitin	94
Lampiran 8	Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI) . .	95
Lampiran 9	Semua hasil karya tugas yang dilakukan selama MBKM	107

