

**PEMODELAN RADIOMIK UNTUK DIAGNOSIS
CLEAR CELL RENAL CELL CARCINOMA (CCRCC)
MENGUNAKAN SVM, RANDOM FOREST, DAN
DEEP LEARNING**



LAPORAN RESEARCH & TECHNOLOGY PROGRAM

**FRIEDRICH LITANI SANTOSO
00000068855**

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

**PEMODELAN RADIOMIK UNTUK DIAGNOSIS
CLEAR CELL RENAL CELL CARCINOMA (CCRCC)
MENGUNAKAN SVM, RANDOM FOREST, DAN
DEEP LEARNING**



LAPORAN RESEARCH & TECHNOLOGY PROGRAM

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

**FRIEDRICH LITANI SANTOSO
00000068855**

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Friedrich Litani Santoso

NIM : 00000068855

Program Studi : Informatika

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

Pemodelan Radiomik untuk Diagnosis Clear Cell Renal Cell Carcinoma (ccRCC) Menggunakan SVM, Random Forest, dan Deep 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 penyimpangan dan penyalahgunaan dalam pelaksanaan kegiatan maupun dalam penulisan laporan ini, 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, 30 Desember 2025



(Friedrich Litani Santoso)

HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Friedrich Litani Santoso
NIM : 00000068855
Program Studi : Informatika
Judul Laporan : Pemodelan Radiomik untuk Diagnosis
Clear Cell Renal Cell Carcinoma
(ccRCC) Menggunakan SVM,
Random Forest, dan Deep Learning

Dengan ini saya menyatakan secara jujur menggunakan bantuan Kecerdasan Artifisial (AI) dalam pengerjaan Laporan Research & Technology Program 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.

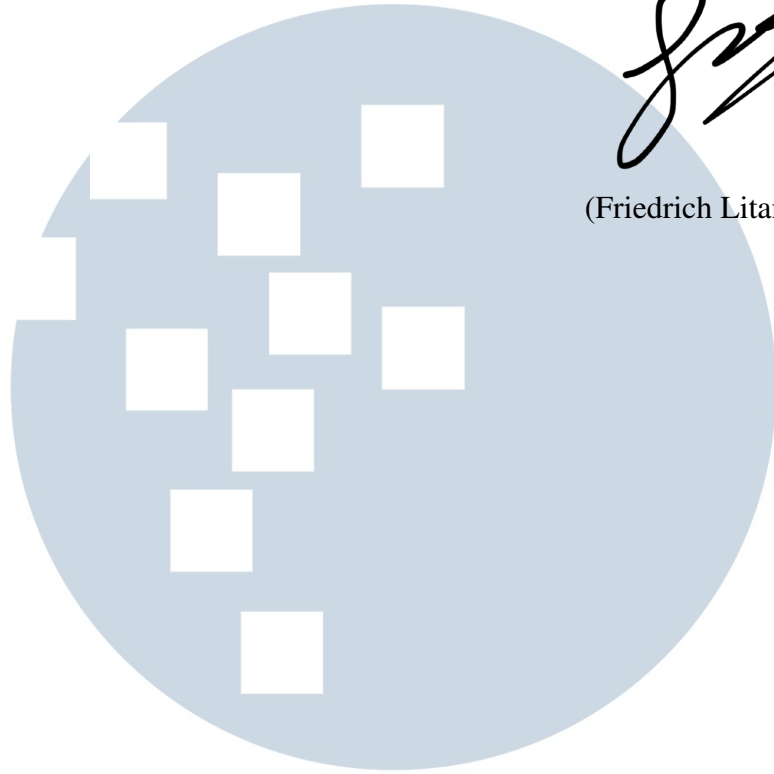
Saya juga menyatakan bahwa:

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, 30 Desember 2025



(Friedrich Litani Santoso)



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

HALAMAN PERNYATAAN KEABSAHAN PERUSAHAAN

Nama : Friedrich Litani Santoso
NIM : 00000068855
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknik dan Informatika

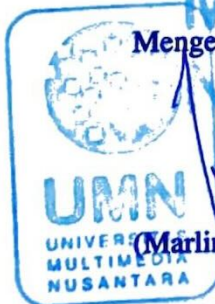
Menyatakan bahwa saya melaksanakan kegiatan di:

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 Overbeck)

Tangerang, 23 Desember 2015

Menyatakan,

(Friedrich Litani Santoso)

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Friedrich Litani Santoso
NIM : 00000068855
Program Studi : Informatika
Jenjang : S1
Judul Karya Ilmiah : Pemodelan Radiomik untuk Diagnosis
Clear Cell Renal Cell Carcinoma
(ccRCC) Menggunakan SVM,
Random Forest, dan Deep Learning

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

- ☒ 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, 30 Desember 2025

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



Friedrich Litani Santoso

Halaman Persembahan / Motto

"I can do all things through Christ who strengthens me."

Philippians 4:13 (NKJV)



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini dengan baik. Laporan penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Program Studi Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.

Penulisan laporan penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi model berbasis radiomik dalam klasifikasi stadium kanker ginjal, dengan harapan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang radiomics dan kecerdasan buatan.

Dalam proses penyusunan laporan penelitian ini, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan motivasi, antara lain:

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. Ibu Marlinda Vasty Overbeek, S.KOM, M.KOM, sebagai Pembimbing Lapangan yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan perhatian dalam memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi selama pelaksanaan penelitian ini.
5. Ibu Alethea Suryadibrata, S.KOM., M.ENG., sebagai Pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berarti dalam penyusunan laporan penelitian ini.
6. Rekan-rekan peneliti yang telah berkontribusi melalui diskusi, pertukaran ide, serta kerja sama yang sangat membantu selama proses penelitian ini berlangsung.

Harapan saya, semoga laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang radiomik dan

kecerdasan buatan, serta dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi penelitian dan pengembangan selanjutnya.

Tangerang, 30 Desember 2025



Friedrich Litani Santoso



PEMODELAN RADIOMIK UNTUK DIAGNOSIS CLEAR CELL RENAL CELL CARCINOMA (CCRCC) MENGGUNAKAN SVM, RANDOM FOREST, DAN DEEP LEARNING

Friedrich Litani Santoso

ABSTRAK

Penentuan stadium kanker ginjal merupakan faktor krusial dalam perencanaan terapi dan evaluasi prognosis pasien. Pada kanker ginjal, perbedaan antara stadium awal (stadium I–II) dan stadium lanjut (stadium III–IV) memiliki implikasi klinis yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi pendekatan berbasis radiomik dan machine learning dalam mengklasifikasikan stadium kanker ginjal secara non-invasif menggunakan citra CT dan MRI. Dataset terdiri dari 42 pasien dengan segmentasi tumor yang dilakukan oleh radiolog untuk memastikan ketepatan area tumor (*region of interest*). Dari setiap ROI, diekstraksi 107 fitur radiomik menggunakan perangkat lunak PyRadiomics. Seleksi fitur dilakukan menggunakan algoritma Genetic Algorithm (GA) untuk mengurangi redundansi dan meningkatkan performa model. Klasifikasi dilakukan menggunakan Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), dan Deep Neural Network (DNN) dengan penalaan hyperparameter menggunakan GridSearchCV dan skema 5-fold cross-validation. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan seleksi fitur berbasis GA mampu meningkatkan performa model dibandingkan penggunaan seluruh fitur radiomik. Model SVM dengan fitur terpilih memberikan performa terbaik dalam membedakan stadium awal dan lanjut, menunjukkan bahwa kombinasi radiomik, seleksi fitur, dan machine learning berpotensi menjadi alat bantu dalam pengambilan keputusan klinis untuk penentuan stadium kanker ginjal.

Kata kunci: CT, machine learning, MRI, kanker ginjal, radiomik, seleksi fitur

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

**RADIOMICS-BASED MODELING FOR THE DIAGNOSIS OF CLEAR CELL
RENAL CELL CARCINOMA (CCRCC) USING SUPPORT VECTOR
MACHINE, RANDOM FOREST, AND DEEP LEARNING**

Friedrich Litani Santoso

ABSTRACT

Staging of renal cell carcinoma is crucial for treatment planning and patient prognosis. Differentiating between low stage (I–II) and high stage (III–IV) tumors has significant clinical implications. This study aims to develop and evaluate a radiomics-based machine learning approach for non-invasive classification of renal cancer stages using CT and MRI images. The dataset consists of 42 patients, with tumor segmentation performed by radiologists to ensure accurate delineation of the region of interest (ROI). From each ROI, 107 radiomics features were extracted using PyRadiomics. Feature selection was performed using a Genetic Algorithm (GA) to reduce redundancy and enhance model performance. Classification was conducted using Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), and Deep Neural Network (DNN), with hyperparameter tuning via GridSearchCV and 5-fold cross-validation. The results demonstrate that GA-based feature selection improves model performance compared to using all radiomics features. The SVM model with selected features achieved the best performance in distinguishing low and high stage tumors, indicating that combining radiomics, feature selection, and machine learning can be a promising tool for clinical decision support in renal cancer staging.

Keywords: *CT, feature selection, machine learning, MRI, radiomics, renal cancer*



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PERNYATAAN PENGGUNAAN BANTUAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEABSAHAN PERUSAHAAN	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN/MOTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR KODE	xvi
DAFTAR RUMUS	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Urgensi Penelitian	3
1.5 Luaran Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Aspek Klinis dan Patologis Kanker Ginjal <i>ccRCC</i>	5
2.2 Peran <i>Artificial Intelligence</i> dalam Pencitraan Medis dan Radiomik	8
2.3 Keunggulan Pendekatan Multimodal	9
2.4 Ekstraksi Fitur dengan Radiomics	10
2.4.1 PyRadiomics sebagai Framework Ekstraksi Fitur	11
2.4.2 Fitur-Fitur Radiomik	11
2.5 Seleksi Fitur	13
2.5.1 Taksonomi Metode Seleksi Fitur: Filter, Wrapper, dan Embedded	13
2.5.2 Minimum Redundancy Maximum Relevance (mRMRe)	14
2.5.3 Genetic Algorithm (GA)	16
2.5.4 Regularisasi L1-LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)	19
2.6 Klasifikasi Staging	21
2.6.1 Algoritma Support Vector Machine (SVM)	21
2.6.2 Algoritma Random Forest (Ensemble Learning)	26
2.6.3 Deep Neural Network (DNN)	29
2.7 Metrik Evaluasi	31
BAB 3 METODE PENELITIAN	35
3.1 Data Acquisition	35
3.2 Pre-processing dan Ekstraksi Fitur	36
3.2.1 Pre-processing Data Klinis	36
3.2.2 Pre-processing Citra Medis	37
3.2.3 Segmentasi Tumor	37

3.2.4	Ekstraksi Fitur Radiomics	38
3.3	Seleksi Fitur	38
3.3.1	Penghapusan Fitur Redundan	39
3.3.2	Penghapusan Fitur Tidak Relevan	39
3.3.3	Metode Seleksi Fitur	39
3.4	Pembangunan dan Evaluasi Model	39
3.4.1	Persiapan Data (Data Preparation)	40
3.4.2	Pembangunan Model	41
3.4.3	Evaluasi Model	41
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Pengumpulan Data	43
4.2	Pre-processing	44
4.3	Segmentasi Tumor	45
4.4	Ekstraksi Fitur	47
4.5	Seleksi Fitur	48
4.5.1	Seleksi Fitur Menggunakan mRMR	48
4.5.2	Seleksi Fitur Menggunakan GA	50
4.5.3	Seleksi Fitur Menggunakan L1-LASSO	51
4.5.4	Perbandingan Distribusi Fitur Radiomik	53
4.6	Pembangunan dan Evaluasi Model	55
4.6.1	Evaluasi Model dengan Fitur Full Radiomics (107 Fitur)	55
4.6.2	Evaluasi Model dengan Seleksi Fitur mRMR (10 Fitur)	56
4.6.3	Evaluasi Model dengan Seleksi Fitur Genetic Algorithm (7 Fitur)	57
4.6.4	Evaluasi Model dengan Seleksi Fitur L1-LASSO (24 Fitur)	58
4.6.5	Diskusi Hasil Evaluasi	59
BAB 5	SIMPULAN SARAN	62
5.1	Simpulan	62
5.1.1	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Aspek Model Unimodal dan Model Multimodal	10
Tabel 2.2	Komponen Utama dan Implementasi dalam Genetic Algorithm untuk Seleksi Fitur	19
Tabel 4.1	Distribusi Fitur Radiomik Berdasarkan Metode Seleksi . .	54
Tabel 4.2	Perbandingan performa model pada berbagai skenario seleksi fitur	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Kanker Ginjal Stadium I	6
Gambar 2.2	Ilustrasi Kanker Ginjal Stadium II	6
Gambar 2.3	Ilustrasi Kanker Ginjal Stadium III	7
Gambar 2.4	Ilustrasi Kanker Ginjal Stadium IV	8
Gambar 3.1	Pipeline penelitian radiomik untuk klasifikasi stadium kanker ginjal	35
Gambar 3.2	Proses Pengambilan Data TCGA-KIRC [1]	36
Gambar 3.3	Tahap Preprocessing Data CT dan MRI	36
Gambar 3.4	Proses Ekstraksi Fitur Radiomik	38
Gambar 3.5	Proses Seleksi Fitur	38
Gambar 3.6	Flowchart Pembangunan dan Evaluasi Model	40
Gambar 4.1	Struktur folder data citra TCIA (TCGA-KIRC)	44
Gambar 4.2	Data klinis pasien TCGA-KIRC	44
Gambar 4.3	Distribusi pasien berdasarkan stadium kanker ginjal	45
Gambar 4.4	Contoh hasil segmentasi tumor pada citra CT	46
Gambar 4.5	Gambar ekstraksi fitur radiomik	47
Gambar 4.6	Hasil seleksi fitur menggunakan mRMR	50
Gambar 4.7	Hasil seleksi fitur menggunakan GA	51
Gambar 4.8	Hasil seleksi fitur menggunakan L1-LASSO	52
Gambar 4.9	Gambar hasil model data full fitur	56
Gambar 4.10	Gambar hasil model data mRMR	57
Gambar 4.11	Gambar hasil model data GA	58
Gambar 4.12	Gambar hasil model data L1-LASSO	59
Gambar 4.13	Gambar perbandingan accuracy semua model	61



DAFTAR KODE



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR RUMUS

2.1	Relevansi rata-rata mRMRe	15
2.2	Redundansi rata-rata mRMRe	16
2.3	Fungsi objektif mRMRe (MID)	16
2.4	Kriteria seleksi fitur inkremental mRMRe	16
2.5	Fitness Function Genetic Algorithm	17
2.6	Fungsi objektif LASSO	20
2.7	Formulasi ekuivalen	20
2.8	Fungsi penalti Lasso	20
2.9	Persamaan umum hyperplane untuk pemisahan dua kelas data	21
2.10	Kendala pemisahan linier untuk setiap titik data [2]	22
2.11	Fungsi objektif untuk memaksimalkan margin antar kelas [2]	22
2.12	Formulasi SVM dengan margin lunak (<i>soft margin</i>) dan parameter regularisasi C	22
2.13	Kendala optimisasi margin lunak dengan variabel <i>slack</i>	22
2.14	Formulasi dual SVM linear [2]	23
2.15	Formulasi dual versi ringkas	23
2.16	Kendala dual untuk koefisien Lagrange multiplier α_i	23
2.17	Formulasi dual SVM berbasis kernel [2]	24
2.18	Fungsi keputusan akhir dari SVM untuk klasifikasi data baru [2, 3]	24
2.19	Kernel RBF untuk menangani data non-linear [3]	24
2.20	Random Forest [4]	27
2.21	Random Forest Majority Voting [4]	27
2.22	Random Forest Margin Function [4]	27
2.23	Konvergensi Generalisasi Error [4]	27
2.24	Definisi Margin Fungsi Random Forest [4]	28
2.25	Kekuatan (<i>Strength</i>) Klasifier Random Forest [4]	28
2.26	Batas Atas Generalization Error Random Forest [4]	28
2.27	Fungsi output neuron buatan [5]	30
2.28	affine-linear functions [5]	30
2.29	Definisi (Deep) Neural Network dengan kedalaman L [5]	30
2.30	Masalah optimasi umum dalam pelatihan DNN [5]	31
2.31	Rumus akurasi model klasifikasi	32
2.32	Fungsi menghitung Precision	33
2.33	Fungsi menghitung Recall/Sensitivity	33
2.34	Fungsi menghitung F1-Score	34

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pro-Step 01 Cover Letter Research & Technology Program . .	68
Lampiran 2	Pro-Step 02 Research & Technology Program Card	69
Lampiran 3	Pro-Step 03 Daily Task - Research & Technology Program . .	70
Lampiran 4	Pro-Step 04 Verification Form	81
Lampiran 5	Letter of Acceptance	82
Lampiran 6	Form Bimbingan	83
Lampiran 7	Laporan Turnitin	84
Lampiran 8	Formulir Penggunaan Perangkat Kecerdasan Artifisial (AI) . .	92
Lampiran 9	Research Paper	93
Lampiran 10	Surat Kerja Sama Penelitian Institusi	99

