

**DETEKSI NODUL PARU PADA CITRA CT DENGAN
KLASIFIKASI *PSEUDO NEAREST NEIGHBOUR RULE***

TESIS

**Oleh
I NYOMAN SURYA JAYA
NIM 2229101034**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2024**



**DETEKSI NODUL PARU PADA CITRA CT DENGAN
KLASIFIKASI *PSEUDO NEAREST NEIGHBOUR RULE***

TESIS

**Diajukan kepada
Universitas Pendidikan Ganesha
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister Komputer
Program Studi Ilmu Komputer**

Oleh

**I NYOMAN SURYA JAYA
NIM 2229101034**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tesis oleh I Nyoman Surya Jaya ini telah diperiksa dan disetujui untuk mengikuti Ujian Tesis.

Singaraja, 30 Januari 2024

Pembimbing I,



Kadek Yota Ernanda Aryanto, S.Kom., M.T., Ph.D.

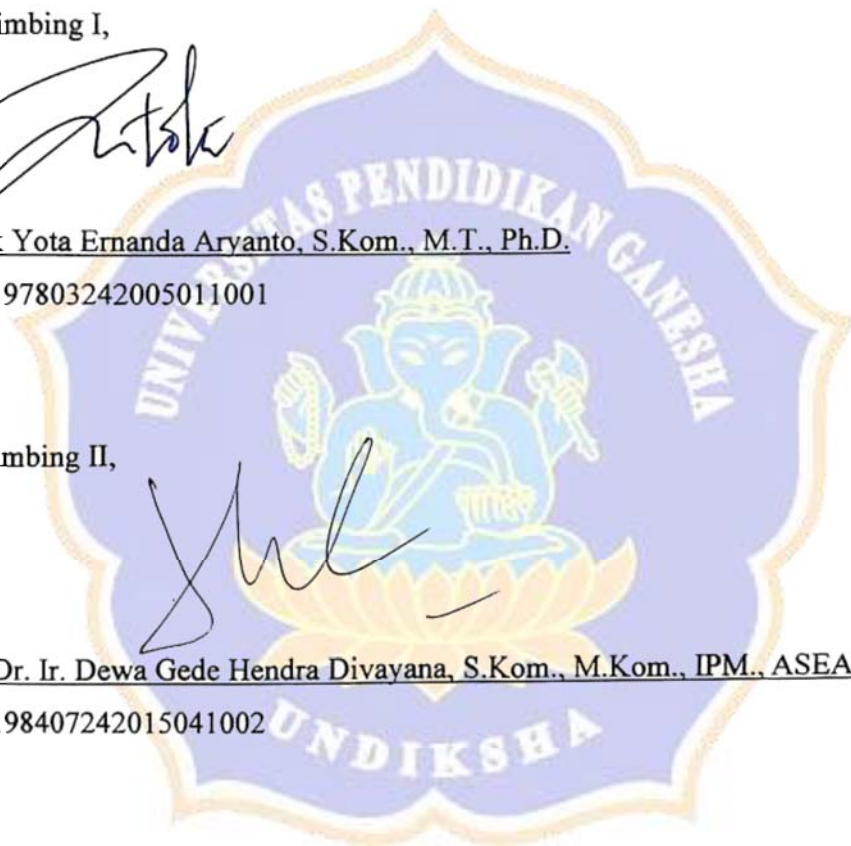
NIP. 197803242005011001

Pembimbing II,



Prof. Dr. Ir. Dewa Gede Hendra Divayana, S.Kom., M.Kom., IPM., ASEAN.Eng.

NIP. 198407242015041002

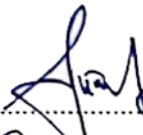


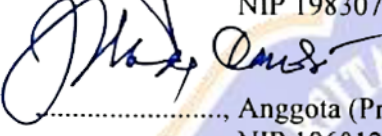
LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI


Tesis oleh I Nyoman Surya Jaya ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Komputer di Program Studi Ilmu Komputer, Program Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha.

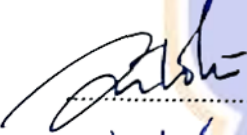
Disetujui pada tanggal: 30 Januari 2024

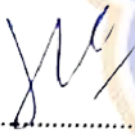
Oleh
Tim Penguji


..... Ketua (Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.)
NIP 198307252008011008


..... Anggota (Prof. Dr. I Made Candiasa, M.I.Kom.)
NIP 196012311986011004


..... Anggota (Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom.)
NIP 197703182008121004


..... Anggota (Kadek Yota Ernanda Aryanto, S.Kom, M.T., Ph.D.)
NIP 197803242005011001


..... Anggota (Prof. Dr. Ir. Dewa Gede Hendra Divayana, S.Kom.,
M.Kom., IPM., ASEAN.Eng.)
NIP 198407242015041002


..... Mengetahui Direktur
Program Pascasarjana Undiksha,

Prof. Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd.
NIP 195910101986031003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Komputer dari Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas dan sesuai dengan norma, kaidah, serta etika akademis.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Singaraja, 30 Januari 2024

Yang membuat pernyataan



(I Nyoman Surya Jaya)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, karena atas asung kertha waranugraha-Nya, tesis yang berjudul “Deteksi Nodul Paru Pada Citra CT Dengan Klasifikasi *Pseudo Nearest Neighbour Rule*” dapat diselesaikan sesuai dengan yang direncanakan.

Tesis ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam menyelesaikan studi di Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha, Program Studi Ilmu Komputer. Kerja keras bukan satu-satu jaminan terselesaikannya tesis ini, namun uluran tangan dari berbagai pihak, baik secara material maupun non material, telah menjadi energi tersendiri, sehingga tesis ini dapat terwujud, walaupun belum sempurna. Oleh sebab itu, pada lembar-lembar awal tesis ini, ijin penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Kadek Yota Ernanda Aryanto, S.Kom., M.T., Ph.D, sebagai Pembimbing I yang telah dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memberikan motivasi yang demikian bermakna, sehingga penulis mampu melewati berbagai kerikil dalam perjalanan studi dan penyelesaian tesis ini;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Dewa Gede Hendra Divayana, S.Kom., M.Kom., IPM., ASEAN.Eng. sebagai Pembimbing II, yang dengan gaya dan pola komunikasi yang khas, telah melecut semangat, motivasi, dan harapan penulis selama penelitian dan penulisan naskah, sehingga tesis ini dapat terwujud dengan baik sesuai harapan;

3. Bapak Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs. , Prof. Dr. I Made Candiasa, M.I.Kom, dan Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom sebagai penguji yang telah banyak memberikan masukan-masukan yang bermanfaat untuk penyempurnaan tesis ini
4. Bapak Rektor Universitas Pendidikan Ganesha, yang telah memberikan bantuan secara moril dan memfasilitasi berbagai kepentingan studi, selama penulis menempuh perkuliahan di Program Pascasarjana Undiksha;
5. Bapak Direktur Program Pascasarjana Undiksha dan staf, yang telah banyak membantu selama penulis mengikuti studi dan menyelesaikan penulisan tesis ini;
6. Bapak Ketua Program Studi dan staf dosen pengajar di Program Studi Ilmu Komputer yang telah banyak membantu dan memotivasi penulis selama perjalanan studi dan penyusunan tesis ini;
7. Rekan-rekan seangkatan di Program Studi Ilmu Komputer yang dengan karakternya masing-masing telah banyak berkontribusi membentuk kedirian penulis selama menjalani studi dan penyelesaian tesis ini;
8. Bapak dan Ibu selaku orang tua penulis beserta saudara-saudara penulis, yang telah banyak membantu secara material dan moral selama perjalanan studi yang penulis lakoni di Program Studi Ilmu Komputer.
9. Keluarga besar ITB STIKOM Bali yang telah banyak berkontribusi selama penulis menyelesaikan tesis ini.

Semoga semua karma yang telah mereka taburkan dalam perjalanan studi penulis, terhargaikan dengan sepentasnya oleh Ida Sang Hyang Widhi Wasa,

sehingga mereka diberi jalan, rejeki, dan keharmonian dalam menjalani setiap langkah kehidupan.

Penulis menyadari, bahwa tesis ini belum dapat dikategorikan sempurna, namun terlepas dari semua predikat tersebut, yang jelas, kehadirannya dalam konstelasi masyarakat akademis, akan ikut serta memberikan warna bagi pembangunan dunia pendidikan, walau hanya setitik. Mudah-mudahan tesis ini bermanfaat bagi masyarakat akademis, terutama mereka yang menyatakan diri bernaung di bawah kebesaran panji-panji pendidikan.

“Om Santih, Santih, Santih Om”

Singaraja, 30 Januari 2024

Penulis



DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
2.1 Nodul Paru-Paru (<i>Pulmonary Nodule</i>).....	8
2.2 Pencitraan Menggunakan <i>CT-Scan</i>	9
2.3 Segmentasi Citra.....	12
2.4.1 Metode Histogram.....	13
2.4.2 Metode Otsu.....	13
2.4 Representasi Bentuk.....	15
2.5 Klasifikasi.....	16
2.6.1 <i>K-Nearest Neighbor</i>	17
2.6.2 <i>Pseudo Nearest Neighbour Rule</i>	18
2.6 <i>Crossvalidation</i>	21
2.7 Kajian Hasil Penelitian yang Relevan.....	23
2.8 Kerangka Konsep.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Alur Analisis Penelitian.....	32

3.2	Pendefinisian Masalah.....	33
3.3	Pengumpulan Data dan Studi Literatur	33
3.4	Perancangan dan Pemodelan Sistem	34
3.5	<i>4-Fold Cross Validation</i>	35
3.6	Pengolahan Data <i>Training</i>	35
3.7	Pengolahan Data Uji.....	36
3.8	<i>Pre Processing</i> Data Citra	36
3.7.1	Konversi Citra Ke .Tiff Dan Binerisasi Citra	37
3.7.2	Menentukan ROI Paru.....	38
3.7.3	Segmentasi Otsu.....	38
3.9	Klasifikasi.....	39
3.8.1	Klasifikasi PNNR.....	39
3.10	Pengujian Sistem	41
BAB IV HASIL PENELITIAN		45
4.1	Pengolahan Data <i>Training</i>	45
4.1.1	Antarmuka <i>Training</i> Data	45
4.1.2	Pengelompokan Data <i>Training</i>	49
4.2	Pengolahan Data Uji.....	50
4.2.1	Pra Pengolahan Citra.....	50
4.2.2	Pengelompokan Dataset Uji.....	54
4.3	Antarmuka Sistem Klasifikasi.....	55
4.3.1	Validasi Hasil Klasifikasi.....	56
4.4	Hasil Pengujian.....	56
4.4.1	<i>Cross Validation 1</i>	58
4.4.2	<i>Cross Validation 2</i>	61
4.4.3	<i>Cross Validation 3</i>	64
4.4.4	<i>Cross Validation 4</i>	67
4.5	Perbandingan dan Analisis Hasil Klasifikasi PNNR.....	70
4.6	Kontribusi Penelitian Terhadap Bidang Ilmu Komputer	77
BAB V PENUTUP.....		79
5.1	Rangkuman.....	79

5.2	Simpulan.....	82
5.3	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN.....		88



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Kajian Hasil Penelitian yang Relevan	24
Tabel 3. 1 Skema 4 <i>Fold Cross Validation</i>	35
Tabel 3. 2 Ukuran Evaluasi Model Klasifikasi	41
Tabel 4. 1 Skema Data latih dan Data Uji 4- <i>Fold Cross Validation</i>	57
Tabel 4. 2 Hasil Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation 1</i> dari k=1 sampai k=10...	59
Tabel 4. 3 Ukuran Evaluasi Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation 1</i>	61
Tabel 4. 4 Hasil Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation 2</i> dari k=1 sampai k=10...	62
Tabel 4. 5 Ukuran Evaluasi Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation 2</i>	64
Tabel 4. 6 Hasil Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation 3</i> dari k=1 sampai k=10....	65
Tabel 4. 7 Ukuran Evaluasi Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation 3</i>	67
Tabel 4. 8 Hasil Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation 4</i> dari k=1 sampai k=10....	68
Tabel 4. 9 Ukuran Evaluasi Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation 4</i>	70
Tabel 4. 10 Perbandingan Hasil Pengenalan Objek	71
Tabel 4. 11 Perbandingan Hasil Ukuran Evaluasi	72
Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil Pengenalan Objek PNNR	75
Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Ukuran Evaluasi PNNR.....	76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Citra dari Tiga Kategori Nodul.....	8
Gambar 2. 2 Tampilan Skematis dari Pembuatan Citra CT.....	10
Gambar 2. 3 X-ray CT <i>scanner</i>	10
Gambar 2. 4 Skema Metode K-NN dan PNNR	19
Gambar 2. 5 <i>K-Fold Cross Validation</i>	22
Gambar 2. 6 Kerangka Konsep	30
Gambar 3. 1 Alur Analisis Penelitian	32
Gambar 3. 2 <i>Pre Processing</i> Data Citra.....	37
Gambar 3. 3 Menentukan ROI Paru.....	38
Gambar 3. 4 Ekstraksi Fitur Nodul Kandidat.....	39
Gambar 3. 5 Tahapan Klasifikasi Nodul Paru menggunakan algoritma PNNR ...	40
Gambar 3. 6 <i>Confusion Matrix</i>	43
Gambar 4. 1 Antarmuka Training Data.....	46
Gambar 4. 2 Input XML citra	46
Gambar 4. 3 Proses Ekstraksi Fitur.....	47
Gambar 4. 4 Proses Penyimpanan Nilai <i>Feature set</i>	48
Gambar 4. 5 Hasil <i>Feature set</i>	48
Gambar 4. 6 Hasil Ploting dan Nilai <i>Feature set</i>	49
Gambar 4. 7 Citra Sebelum Konversi Tiff (a), Citra Sesudah Mengalami Konversi Tiff (b).....	51
Gambar 4. 8 Citra Sebelum Thresholding Otsu (a), Citra Sesudah Mengalami Thresholding Otsu (b)	52
Gambar 4. 9 Menentukan ROI Paru.....	53
Gambar 4. 10 Segmentasi Otsu.....	54
Gambar 4. 11 Antarmuka Sistem Klasifikasi	55
Gambar 4. 12 Citra dengan Ploting Nodul Oleh <i>Radiologist</i> (a), Hasil Klasifikasi PNNR Citra LIDC-IDRI-0108 (b)	58
Gambar 4. 13 Perbandingan Nilai K Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation</i> 1.....	60
Gambar 4. 14 Perbandingan Nilai K Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation</i> 2.....	63
Gambar 4. 15 Perbandingan Nilai K Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation</i> 3.....	66
Gambar 4. 16 Perbandingan Nilai K Klasifikasi PNNR <i>Cross Validation</i> 4.....	69
Gambar 4. 17 Perbandingan Hasil Pengenalan Objek Klasifikasi.....	71
Gambar 4. 18 Perbandingan Hasil TP dan FP	72
Gambar 4. 19 Perbandingan Ukuran Evaluasi	73
Gambar 4. 20 Perbandingan Hasil Pengenalan Objek PNNR	76
Gambar 4. 21 Perbandingan Hasil Ukuran Evaluasi PNNR.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dataset Citra Paru Pasien	88
Lampiran 2 Hasil Pengujian PNNR Pada <i>Cross Validation</i> 1	100
Lampiran 3 Hasil Pengujian PNNR Pada <i>Cross Validation</i> 2	120
Lampiran 4 Hasil Pengujian PNNR Pada <i>Cross Validation</i> 3	140
Lampiran 5 Hasil Pengujian PNNR Pada <i>Cross Validation</i> 4	160
Lampiran 6 Hasil Pengujian PNNR Tanpa Fitur Area.....	180

