



SKRIPSI

**PENERAPAN SEGMENTASI U-NET UNTUK
DETEKSI ABNORMALITAS PADA CITRA X-
RAY PARU-PARU**

TATIA SHAFWA SINATRIA
NPM 22083010001

DOSEN PEMBIMBING
Wahyu Syaifullah J.S, S.Kom., M.Kom
Andri Fauzan Adziima, M.Si

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAWA TIMUR
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI SAINS DATA
SURABAYA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN SEGMENTASI UNET UNTUK DETEKSI ABNORMALITAS PADA CITRA X-RAY PARU-PARU

Oleh:
TATIA SHAFWA SINATRIA
NPM. 22083010001

Telah dipertahankan di hadapan dan diterima oleh Tim Penguji Sidang Skripsi Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur pada Tanggal 26 Agustus 2026:

Menyetujui,

Wahyu Syaifullah J.S, S.Kom., M.Kom
NIP. 19860825 202121 1 003

(Pembimbing I)

Andri Fauzan Adziima, M.Si.
NIP. 19950512 202406 1 001

(Pembimbing II)

Kartika Maulida Hindrayani,
S.Kom.M.Kom.
NIP. 19920909 202203 2 009

(Ketua Penguji)

Trimono, S.Si.M.Si
NIP. 19950908 202203 1 003

(Penguji I)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT.
NIP. 19681126 199403 2 001

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENERAPAN SEGMENTASI UNET UNTUK DETEKSI
ABNORMALITAS PADA CITRA X-RAY PARU-PARU**

Oleh:

TATIA SHAFWA SINATRIA

NPM. 22083010001

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Skripsi

Menyetujui,

**Koordinator Program Studi Sains Data
Fakultas Ilmu Komputer**

Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S

NIP. 19950723 202406 1 002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Tatia Shafwa Sinatria
NPM : 22083010001
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Sains Data
Fakultas : Fakultas Ilmu Komputer

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila di kemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Surabaya, 14 September 2026

Yang Membuat Pernyataan,



TATIA SHAFWA SINATRIA

NPM. 22083010001

ABSTRAK

Nama Mahasiswa / NPM : Tatia Shafwa Sinatria / 22083010001
Judul Skripsi : PENERAPAN SEGMENTASI UNET UNTUK
DETEKSI ABNORMALITAS PADA CITRA X-
RAY PARU-PARU
Dosen Pembimbing : 1. Wahyu Syaifullah J.S, S.Kom., M.Kom.
2. Andri Fauzan Adziima, M.Si

Pemeriksaan citra X-ray paru-paru merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam membantu proses pemeriksaan kondisi paru-paru. Namun, proses identifikasi area paru dan penyimpangan pada citra secara manual dapat membutuhkan waktu serta berpotensi dipengaruhi oleh subjektivitas pengamatan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan arsitektur U-Net dalam melakukan segmentasi area paru-paru pada citra X-ray serta memanfaatkan hasil segmentasi sebagai Region of Interest (ROI) untuk mendukung analisis area penyimpangan pada citra. Tahapan penelitian meliputi *preprocessing* citra, pembangunan dan pelatihan model U-Net, pembentukan *probability map*, penentuan *threshold*, pembentukan *binary mask*, evaluasi hasil segmentasi, serta analisis penyimpangan menggunakan pendekatan statistik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *threshold* 0,5 menghasilkan performa segmentasi terbaik dengan nilai rata-rata *dice* sebesar 0,9106, median sebesar 0,9555, dan standar deviasi sebesar 0,0870. Evaluasi lebih lanjut menghasilkan nilai IoU sebesar 0,8464, *Precision* sebesar 0,9084, *Recall* sebesar 0,9211, *Pixel Accuracy* sebesar 0,9516, dan *Specificity* sebesar 0,9637. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model U-Net mampu melakukan segmentasi area paru dengan tingkat kesesuaian yang baik terhadap *ground truth*. *Mask* hasil segmentasi selanjutnya digunakan untuk membentuk ROI paru sehingga analisis penyimpangan dapat difokuskan pada area paru. Analisis menggunakan *Absolute Local Z-Score* dan distribusi data citra normal digunakan sebagai dasar dalam menentukan ambang penyimpangan dan membentuk peta abnormalitas. Secara keseluruhan, penelitian menghasilkan pipeline segmentasi paru berbasis U-Net yang dapat menghasilkan *lung mask* dan ROI serta mendukung analisis area penyimpangan pada citra X-ray paru-paru.

Kata Kunci: *Citra X-ray, Paru-paru, U-Net, Segmentasi Citra, Region of Interest, Absolute Local Z-Score, Abnormalitas.*

ABSTRACT

Student Name / NPM : Tatia Shafwa Sinatria / 22083010001
Undergraduate thesis title : IMPLEMENTATION OF UNET SEGMENTATION FOR ABNORMALITY DETECTION IN LUNG X-RAY IMAGES
Advisors : 1. Wahyu Syaifullah J.S, S.Kom., M.Kom
2. Andri Fauzan Adziima, M.Si.

Chest X-ray examination is one of the imaging methods commonly used to assist in assessing lung conditions. However, manually identifying lung regions and abnormalities in X-ray images can be time-consuming and may be influenced by subjective interpretation. This study aims to implement the U-Net architecture for lung segmentation in chest X-ray images and utilize the segmentation results as a Region of Interest (ROI) to support the analysis of abnormal areas. The research stages include image preprocessing, U-Net model development and training, generation of a probability map, threshold determination, binary mask generation, segmentation evaluation, and abnormality analysis using a statistical approach. The experimental results show that a threshold of 0.5 provides the best segmentation performance, achieving a Mean Dice score of 0.9106, a median of 0.9555, and a standard deviation of 0.0870. Further evaluation resulted in an IoU of 0.8464, Precision of 0.9084, Recall of 0.9211, Pixel Accuracy of 0.9516, and Specificity of 0.9637. These results indicate that the U-Net model is capable of segmenting lung regions with good agreement with the ground truth. The resulting segmentation mask is then used to form the lung ROI, allowing abnormality analysis to be focused on the lung region. Analysis using the Absolute Local Z-Score and the distribution of normal image data is used as the basis for determining deviation thresholds and generating abnormality maps. Overall, this study produces a U-Net-based lung segmentation pipeline capable of generating lung masks and ROIs while supporting the analysis of abnormal areas in chest X-ray images.

Keywords: *Chest X-ray, Lung, U-Net, Image Segmentation, Region of Interest, Absolute Local Z-Score, Abnormality.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi dengan judul **“PENERAPAN SEGMENTASI UNET UNTUK DETEKSI ABNORMALITAS PADA CITRA X-RAY PARU-PARU”** dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Wahyu Syaifullah J. S, S.Kom., M.Kom selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Andri Fauzan Adziima, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, nasehat, serta masukan kepada penulis. Selain itu, selama penyusunan skripsi penulis juga banyak menerima bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Novirina Hendrasarie, MT. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Bapak Amri Muhaimin, S.Stat., M.Stat., M.S selaku Koordinator Program Studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
3. Bapak/Ibu dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan kritik, saran ,serta masukan yang membangun sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
4. Bapak Dr. Ir. I Gede Susrama Mas Diyasa, ST., MT. selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi kepada penulis selama menempuh Pendidikan di Program Studi Sains Data.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program studi Sains Data Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan bimbingan kepada penulis selama masa perkuliahan
6. Ayah dan Bunda tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, motivasi, serta pengorbanan yang tiada henti kepada penulis dalam setiap langkah perjalanan Pendidikan hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. Almarhumah Ibu tercinta yang meskipun telah berpulang,kasih saying, doa, serta kenangan indah yang diberikan semasa hidup akan selalu menjadi sumber

kekuatan, semangat, dan motivasi bagi penulis untuk terus berjuang menyelesaikan Pendidikan ini.

8. Seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, serta perhatian kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
9. Seluruh pihak Rumah Sakit Haji Surabaya yang telah memberikan izin penelitian, bantuan, serta dukungan dalam proses pengambilan data sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
10. Sahabat dan teman-teman seperjuangan, khususnya Dinda, Deanita, serta seluruh teman-teman Program Studi Sains Data angkatan 2022 yang telah memberikan bantuan, semangat, kebersamaan, serta pengalaman berharga selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
11. A, yang telah memberikan doa, dukungan, motivasi, serta semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, doa, maupun dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penyusunan skripsi ini banyak terdapat kekurangan. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Akhirnya, dengan segala keterbatasan yang penulis miliki semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, bulan-tahun

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	x
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR NOTASI.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Kerangka Teori	12
2.2.1 Paru – Paru	12
2.2.2 Citra Medis (X-ray).....	15

2.2.3	Segmentasi U-Net.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1.	Variabel Penelitian dan Sumber Data	23
3.1.1.	Variabel Penelitian	23
3.1.2.	Sumber Data	28
3.2.	Langkah Analisis.....	29
3.2.1.	Mulai.....	29
3.2.2.	Memuat Dataset.....	30
3.2.3.	Cek Kelengkapan Data	30
3.2.4.	Validasi Dataset.....	30
3.2.5.	Menampilkan Sampel Gambar	30
3.2.6.	<i>Pre-Processing</i>	30
3.2.7.	Tahap Pemodelan dan Evaluasi.....	32
3.3.	Desain Sistem.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Hasil Penelitian	37
4.1.1	<i>Import Library</i>	37
4.1.2	<i>Load Dataset</i>	39
4.1.3	Analisis Intensitas Piksel Dataset	41
4.1.4	<i>Resize</i>	42
4.1.5	<i>CLAHE</i>	43
4.1.6	Normalisasi	45
4.1.7	Augmentasi	45
4.1.8	<i>Split Dataset</i>	46
4.1.9	Implementasi Metrik Evaluasi dan <i>Loss Function</i>	47
4.1.10	Implementasi Arsitektur U-Net.....	48
4.1.11	Build U-Net.....	49
4.1.12	Konfigurasi Pelatihan Model	49
4.1.13	<i>Training</i>	50

4.1.14	Hasil Pelatihan Model	51
4.1.15	<i>Probability Map</i>	52
4.1.16	<i>Threshold</i>	53
4.1.17	Evaluasi Model Segmentasi	58
4.1.18	Analisis <i>Error</i> Segmentasi	61
4.2	Implementasi Model pada Data RSUD Haji Provinsi Jawa Timur	65
4.2.1	<i>Load Model</i>	65
4.2.2	<i>Preprocessing</i>	65
4.2.3	Analisis Distribusi Probabilitas dan Tingkat Kepercayaan (<i>Confidence Level</i>) Segmentasi U-Net.....	72
4.2.4	Analisis Pengaruh Nilai <i>Threshold</i> terhadap Segmentasi Biner .	75
4.2.5	Pembentukan <i>Mask</i> ROI Paru.....	80
4.2.6	Analisis Karakteristik Luas <i>Foreground</i> dan Artefak pada Masker Biner.....	89
4.2.7	Analisis ROI Berdasarkan Label Normal vs Abnormal (<i>Clinical</i> <i>/ Comparative Analysis</i>).....	93
4.3	Analisis Spasial Luas Area ROI (Normal vs Abnormal)	96
4.3.1	Evaluasi Performa Segmentasi U-Net.....	97
4.3.2	<i>Probability Map</i>	97
4.3.3	Evaluasi Kuantitatif Performa Segmentasi	98
4.3.4	Analisis <i>Error Map</i> dan Peringkat Performa Segmentasi.....	102
4.4	Analisis dan Pembahasan Hasil Percobaan Optimalisasi	105
4.4.1	Analisis dan Evaluasi Metode <i>Z – Score</i> Normalisasi	105
4.4.2	Analisis dan Evaluasi Metode <i>Interquartile Range</i> (IQR).....	107
4.4.3	Analisis dan Evaluasi Metode <i>Otsu Thresholding</i>	109
4.4.4	Analisis dan Evaluasi Metode <i>Percentile</i>	110
4.4.5	Evaluasi Keseluruhan.....	111
4.4.6	Penyimpangan Lokal (<i>Local Deviation</i>)	113
4.5	Tampilan Antar Muka (<i>Graphical User Interface</i>).....	147
4.5.1.	Artefact GUI.....	147

4.5.2. Tampilan GUI.....	148
BAB V PENUTUP	153
5.1 Kesimpulan	153
5.2 Saran Pengembangan	154
DAFTAR PUSTAKA	157
LAMPIRAN	161

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Gambar X-Ray Thorax.....	13
Gambar 2.2	X-ray Thorax.....	15
Gambar 2.3.	Arsitektur CNN	18
Gambar 2.4.	Arsitektur FCN.....	19
Gambar 2.5.	Arsitektur <i>Encoder</i> dan <i>Decoder</i>	20
Gambar 2.6.	Arsitektur U-Net.....	21
Gambar 3.1.	<i>Flowchart</i> Analisis.....	29
Gambar 3.1.	Tampilan GUI	35
Gambar 4.1.	<i>Load Dataset</i>	39
Gambar 4.2.	Distribusi Ukuran Citra.....	40
Gambar 4.3.	Histogram Intensitas Piksel sebelum <i>Preprocessing</i>	41
Gambar 4.4.	<i>Resize</i>	42
Gambar 4.5.	X-ray Sebelum dan Sesudah <i>CLAHE</i>	43
Gambar 4. 6	Histogram Sebelum dan Sesudah <i>CLAHE</i>	44
Gambar 4.7.	Augmentasi <i>Image</i> dan <i>Mask</i>	45
Gambar 4.8.	a) <i>Training</i> dan <i>Validation</i> , b) <i>Dice Coefficient</i> , c) <i>IoU</i>	51
Gambar 4.9.	<i>Probability Map</i>	53
Gambar 4.10.	<i>Ground Truth</i> berdasarkan <i>Threshold</i>	54
Gambar 4.11.	a) pengaruh <i>threshold</i> rata - rata <i>dice</i> , b) standar deviasi <i>threshold</i> , c) distribusi <i>dice</i>	55
Gambar 4.12.	<i>Threshold</i> 0.5.....	57
Gambar 4.13.	Perbedaan antara <i>Ground Truth</i> dan Prediksi <i>Mask</i>	57
Gambar 4.14.	Metriks Evaluasi 150 Citra Uji	59
Gambar 4.15.	Metriks Evaluasi.....	60
Gambar 4.16.	a) persentasi <i>error</i> segmentasi, boxplot distribusi persentase, c) Distribusi persentasi <i>error</i>	62
Gambar 4.17.	a) <i>best case</i> , b) <i>worst case</i>	64
Gambar 4.18.	X-ray Sebelum dan Sesudah <i>Resize</i> Data RS.....	66
Gambar 4.19.	X-ray Setelah dan Sebelum <i>CLAHE</i>	68

Gambar 4.20.	Histogram Sebelum dan Sesudah <i>CLAHE</i>	69
Gambar 4.21.	Citra Setelah Normalisasi	70
Gambar 4.22.	Visualisasi Performa Segmentasi	73
Gambar 4. 23	a) histogram <i>probability map</i> , b) distribusi confidence U-Net....	73
Gambar 4.24.	Segmentasi di setiap <i>Threshold</i>	75
Gambar 4.25.	Pengaruh <i>Threshold</i> terhadap luas <i>foreground</i>	77
Gambar 4.26.	Visualisasi Akhir Overlay <i>Mask</i> pada Citra X-Ray.....	78
Gambar 4.27.	<i>Mask</i> ROI Paru	81
Gambar 4.28.	Beberapa Sampel Pasangan Citra Original dan Hasil <i>Mask</i> Segmentasi.....	82
Gambar 4.29.	Distribusi Luas ROI Paru	84
Gambar 4.30.	Distribusi Persentase ROI.....	85
Gambar 4.31.	Boxplot Persentase ROI.....	86
Gambar 4.32.	Visualisasi ROI terkecil dan terbesar	87
Gambar 4.33.	Visualisasi <i>Foreground</i> Terbesar dan Terkecil	89
Gambar 4.34	Distribusi Luas <i>Foreground</i>	90
Gambar 4.35.	Distribusi Jumlah <i>Noise</i> pada <i>Binary Mask</i>	91
Gambar 4.36.	Visualisasi <i>Noise</i>	92
Gambar 4.37.	Visualisasi Hasil Segmnetasi dan Ekstraksi ROI	94
Gambar 4.38.	a) <i>Boxplot</i> Distribusi Rata - Rata ROI, b) Histogram ROI.....	95
Gambar 4.39.	Analisis Perbandingan Distribusi Luas ROI.....	96
Gambar 4.40.	Visualisasi <i>Probability Map</i> + <i>Binary Mask Prediction</i>	98
Gambar 4.41.	Distribusi <i>Dice Coefficient</i> Dataset Evaluasi.....	101
Gambar 4.42	Analisis Spasial Antara Masker dan Hasil Segmentasi	102
Gambar 4.43.	Visualisasi <i>Best Case</i>	103
Gambar 4.44.	Visualisasi <i>Worst Case</i>	104
Gambar 4.45.	Perbandingan Visualisasi Penyebaran Nilai <i>Z-Score</i>	105
Gambar 4.46.	Histogram Distribusi IQR ROI Paru	107
Gambar 4.47.	Distribusi <i>Otsu Threshold</i>	109
Gambar 4.48.	Peta penyimpangan Intensitas - Local <i>Z-score</i>	114
Gambar 4.49.	Peta Besarnya Penyimpangan Intensitas	114

Gambar 4.50.	Distribusi <i>Absolute Local Z-Score - Reference Normal</i>	116
Gambar 4.51.	Perbandingan Hasil Segmentasi Anomali.....	117
Gambar 4.52.	Perbandingan Peta Penyimpangan.....	118
Gambar 4.53.	Histogram Distribusi <i>Deviation Area Ratio</i>	119
Gambar 4.54.	Analisis <i>Connected Component</i> dan Pemetaan Biner.....	121
Gambar 4.55.	Hasil Filtrasi Kandidat Penyimpangan.....	123
Gambar 4.56.	Distribusi Lokasi Kandidat Penyimpangan.....	125
Gambar 4.57.	Grafik Pemeringkatan Fitur.....	126
Gambar 4.58.	Karakteristik Fitur Spasial Kandidat Terbesar.....	127
Gambar 4.59.	<i>Boxplot</i> Distribusi <i>Deviation Ratio</i>	133
Gambar 4.60.	Posisi <i>False Positive</i> dan <i>False Negative</i>	136
Gambar 4.61.	Analisis Visual dan <i>Deviation Map</i>	137
Gambar 4.62.	<i>Confusion Matrix</i> Mode Lokal P99.....	138
Gambar 4.63.	Visualisasi Sampel TP (<i>True Positive</i>)	143
Gambar 4.64.	Visualisasi Sampel FP (<i>False Positive</i>)	144
Gambar 4.65.	Visualisasi <i>False Negative</i>	146
Gambar 4.66.	Halaman Login dan Registrasi.....	148
Gambar 4.67.	Halaman Beranda.....	149
Gambar 4.68.	a) upload citra, b) citra sudah terupload.....	149
Gambar 4.69.	Hasil Analisis	150

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 3.1.	Variabel Penelitian.....	23
Tabel 3.2.	Variabel Fitur.....	26
Tabel 3.3.	Variabel Proses	27
Tabel 4.1.	<i>Output</i> Normalisasi.....	45
Tabel 4.2.	<i>Split</i> Dataset	46
Tabel 4.3.	<i>Expand</i> Dimensi.....	47
Tabel 4.4.	<i>Model Summary</i> U-Net	49
Tabel 4.5.	<i>Training</i>	50
Tabel 4.6.	Hasil Pelatihan Model.....	51
Tabel 4.7.	<i>Probability Map</i>	52
Tabel 4.8.	<i>Threshold</i>	55
Tabel 4.9.	<i>Threshold</i> Terbaik.....	56
Tabel 4.10.	Evaluasi Model	58
Tabel 4.11	Hasil Uji Model.....	58
Tabel 4.12.	<i>Error</i> Segmentasi	61
Tabel 4.13.	Perhitungan <i>Error</i> pada 150 Citra Uji	61
Tabel 4.14	<i>Worse</i> dan <i>Best Case</i>	63
Tabel 4.15.	<i>Resize</i> RS	66
Tabel 4.16.	Nilai Rata - Rata, Median, dan Std Sebelum dan Sesudah <i>CLAHE</i>	70
Tabel 4.17	Hasil Normalisasi dan Penyesuaian Dimensi Data.....	71
Tabel 4.18.	Analisis Distribusi Probabilitas.....	72
Tabel 4.19.	Statistik <i>Probability Map</i>	74
Tabel 4.20.	Luas Area <i>Foreground</i> Berdasarkan Nilai <i>Threshold</i>	75
Tabel 4.21.	Distribusi Piksel Hasil Binary <i>Mask</i> pada Data RSUD Haji Provinsi Jawa Timur.....	81
Tabel 4.22.	Statistik Luas dan Persentase ROI Paru pada 116 Citra Data RSUD Haji Provinsi Jawa Timur	83

Tabel 4.23.	<i>Summary</i> Pembentukan ROI	88
Tabel 4.24.	Statistik Luas Area <i>Foreground</i>	89
Tabel 4.25.	Analisis <i>Mask Biner</i>	91
Tabel 4.26.	Evaluasi Kualitatif Hasil Segmentasi ROI	93
Tabel 4.27.	<i>Summary</i> Intensitas Piksel ROI	95
Tabel 4.28.	Statistik Komparatif Luas Area ROI (Piksel) Kategori Normal dan Abnormal	96
Tabel 4.29.	Statistik Kuantitatif Performa Segmentasi	98
Tabel 4.30.	Metriks Evaluasi	99
Tabel 4.31	<i>Dice</i> untuk Lima Citra	99
Tabel 4.32.	Parameter Statistik Nilai Metriks Evaluasi Segmentasi	100
Tabel 4.33.	Statistik <i>Best Case</i>	102
Tabel 4.34	Statistik <i>Worst Case</i>	104
Tabel 4.35.	Evaluasi Performa Klasifikasi	106
Tabel 4.35.	<i>Summary</i> Performa Klasifikasi IQR	108
Tabel 4.37.	Performa Klasifikasi	110
Tabel 4.38.	Evaluasi Klasifikasi <i>Percentile</i>	111
Tabel 4.39.	<i>Summary</i> Performa Terbaik dari Masing-masing Metode	112
Tabel 4.40.	<i>Summary</i> Statistik Nilai <i>Absolute Local Z-Score</i>	115
Tabel 4.41.	<i>Summary</i> Nilai Kandidat Ambang Batas	116
Tabel 4.42.	<i>Summary</i> Hasil Uji Komparatif Non-Parametrik	120
Tabel 4.43.	<i>Summary</i> Perbandingan Fitur Komponen	122
Tabel 4.44.	Statistik Kandidat Anomali Setelah Filtrasi	124
Tabel 4.45.	<i>Summary</i> Statistik Deskriptif dan Hasil Pengujian	127
Tabel 4.46.	<i>Summary</i> Statistik Deskriptif dari 107 Sampel	128
Tabel 4.47.	Validasi Presisi Lokasi	129
Tabel 4.48.	<i>Summary</i> Confusion Matrix Beserta Matrix Performa	130
Tabel 4.49.	Mencatat Daftar 9 Citra yg Tidak Memunculkan Kandidat Filtrasi	131
Tabel 4.50.	Performa Deteksi Biner	131
Tabel 4.51.	<i>Summary</i> Pemusatan dan Sebaran Data <i>Deviation Ratio</i>	132

Tabel 4.52.	Evaluasi Performa Klasifikasi Berdasarkan Variasi <i>Threshold</i> ...	134
Tabel 4.53.	<i>Error Matrix Analysis</i>	135
Tabel 4.54.	<i>Summary</i> Distribusi Hasil Prediksi Biner	140
Tabel 4.55	Karakteristik Kuantitatif dari Abnormal <i>Mask</i>	140
Tabel 4.56.	<i>Summary</i> Kuantitatif Piksel <i>Mask</i> Kandidat.....	141

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dataset Penelitian.....	161
Lampiran 2 Codingan Penelitian.....	161
Lampiran 3 Codingan WEB APP	162
Lampiran 4 LoA Jurnal.....	163
Lampiran 5 Laik Etik.....	164

DAFTAR NOTASI

$I(x, y)$	: Intensitas piksel pada koordinat (x, y)
I_{norm}	: Nilai intensitas citra hasil normalisasi
$M(x, y)$	: <i>Masker ground truth</i> (0 = background, 1 = area abnormal)
$\hat{M}(x, y)$	: <i>Masker</i> hasil prediksi model U-Net
k	: Ukuran kernel konvolusi
f	: Fungsi aktivasi (misal: ReLU)
W, b	: Bobot dan bias pada layer konvolusi
LR	: <i>Learning rate</i>
E	: <i>Epoch</i>
BS	: <i>Batch Size</i>
D	: <i>Dice Coefficient</i>
IoU	: <i>Intersection over Union</i>
TP	: True Positive
FP	: <i>False Positive</i>
FN	: <i>False Negative</i>
TN	: <i>True Negative</i>
S	: Hasil Segmentasi Akhir
P_{abn}	: Persentase luas area abnormal
A_{mask}	: Jumlah piksel area abnormal pada <i>mask</i>
A_{lung}	: Total piksel area paru
∇	: Operasi gradient pada optimasi
L_{dice}	: <i>Dice Loss</i>
L_{total}	: Total loss selama <i>training</i>