

TUGAS AKHIR

**KLASIFIKASI CITRA X-RAY TORAKS DENGAN
MENGUNAKAN CONTRAST LIMITED ADAPTIVE
HISTOGRAM EQUALIZATION DAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
(Studi Kasus : Pneumonia)**



SURYA ADI WIDIARTO

17102189

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2021

TUGAS AKHIR

**KLASIFIKASI CITRA X-RAY TORAKS DENGAN
MENGUNAKAN CONTRAST LIMITED ADAPTIVE
HISTOGRAM EQUALIZATION DAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
(Studi Kasus : Pneumonia)**

**THORAX X-RAY IMAGE CLASSIFICATION USING
CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM
EQUALIZATION AND CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK
(Case Study : Pneumonia)**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



SURYA ADI WIDIARTO

17102189

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2021

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**KLASIFIKASI CITRA X-RAY TORAKS DENGAN
MENGUNAKAN CONTRAST LIMITED ADAPTIVE
HISTOGRAM EQUALIZATION DAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
(Studi Kasus : Pneumonia)**

**THORAX X-RAY IMAGE CLASSIFICATION USING
CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM
EQUALIZATION AND CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK
(Case Study : Pneumonia)**

Dipersiapkan dan Disusun oleh :

SURYA ADI WIDIARTO

17102189

Telah Diujikan dan Dipertahankan dalam Sidang Ujian Tugas Akhir

Pada hari Rabu, 25 Agustus 2021

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Wahyu Andi Saputra, S. Pd., M. Eng.)

NIDN. 0628129101

(Atika Ratna Dewi, S. Si., M. Sc.)

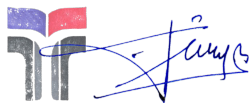
NIDN. 0615128703

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer

Tanggal 25 Agustus 2021

Kaprodi,

Skripsi/Tugas Akhir ini sudah diujikan dan dinyatakan sah
tanpa tanda tangan pembimbing dan penguji.
Purwokerto,
Dekan Fakultas Informatika
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO



Auliya Burhanuddin, S.Si., M. Kom
NIDN. 0630058202

(Auliya Burhanuddin, S. Si., M. Kom.)

NIK. 19820008

LEMBAR PENETAPAN PENGUJI

**KLASIFIKASI CITRA X-RAY TORAKS DENGAN
MENGUNAKAN CONTRAST LIMITED ADAPTIVE
HISTOGRAM EQUALIZATION DAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
(Studi Kasus : Pneumonia)**

**THORAX X-RAY IMAGE CLASSIFICATION USING
CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM
EQUALIZATION AND CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK
(Case Study : Pneumonia)**

Dipersiapkan dan Disusun oleh :

SURYA ADI WIDIARTO

17102189

Tugas Akhir Telah diuji dan Dinilai Panitia Penguji Program

Studi Informatika

Fakultas Informatika

Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Pada Tanggal : 25 Agustus 2021

Penguji I

Penguji II

(Gita Fadila Fitriana, S. Kom., M. Kom.)
NIDN. 0620039302

(Merlinda Wibowo, S. T., M. Phil.)
NIDN. 0612059203

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama Mahasiswa : Surya Adi Widiarto
NIM : 17102189
Program Studi : Teknik Informatika

Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul berikut:

**KLASIFIKASI CITRA X-RAY TORAKS DENGAN MENGGUNAKAN
CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION DAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (Studi Kasus : Pneumonia)**

Dosen Pembimbing Utama : Wahyu Andi Saputra, S. Pd., M. Eng.

Dosen Pembimbing Pendamping : Atika Ratna Dewi, S. Si., M. Sc.

1. Karya tulis ini adalah benar-benar ASLI dan BELUM PERNAH diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Institut Teknologi Telkom Purwokerto maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian Saya Sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari Tim Dosen Pembimbing.
3. Dalam Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan disebutkan dalam Daftar Pustaka pada karya tulis ini.
4. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab Saya, bukan tanggungjawab Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
5. Pernyataan ini Saya buat dengan sesungguhnya, apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka Saya bersedia menerima Sanksi Akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi.

Purwokerto, 12 Juli 2021,

Yang Menyatakan,



(Surya Adi Widiarto)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan atas ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun serta menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Klasifikasi Citra X-Ray Toraks Dengan Menggunakan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization dan Convolutional Neural Network Studi Kasus: Pneumonia”.

Dalam proses penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini penulis tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Totok Sugiharto dan Ibu Yuni Widiastuti selaku kedua orang tua yang telah selalu memberikan doa dan dukungan.
2. Kakak Ariansyah Widiarto dan Irma Suryani yang telah memberikan berbagai dukungan.
3. Keluarga Sadirun yang selalu memberikan berbagai bantuan dan dukungan.
4. Bapak Wahyu Andi Saputra, S. Pd., M. Eng., selaku Dosen Pemimbing I yang telah membantu memberikan arahan dan dukungan dalam setiap bimbingan.
5. Ibu Atika Ratna Dewi, S. Si., M. Sc. selaku Dosen Pemimbing II yang telah membantu memberikan arahan dan dukungan dalam setiap bimbingan.
6. Bapak Dr. Arfianto Fahmi, S. T., M. T., IPM. selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
7. Ibu Dr. Tenia Wahyuningrum, S. Kom., M. T. selaku Dekan Fakultas Informatika Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
8. Bapak Auliya Burhanuddin, S. Si., M. Kom. selaku Kepala Program Studi S1 Informatika Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
9. Bapak Novanda Alim Setya Nugraha, S. S., M. Hum. selaku Dosen Wali penulis.

10. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi S1 Informatika Institut Teknologi Telkom Purwokerto yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
11. Rekan seperjuangan Ngopi Yuk, Rindra Hilmi Aufa Nur Aziz dan Ulung Priyo Bintoro yang telah menemani setiap saat.
12. Rekan seperjuangan Dolan, Khurun'Ain Muzaqi, Raden Neomy Lusie R.D.B.P., Sang Dara Parameswari, Vidia Syahputri, Rizka Fayyadhila, Thowaf Fuad Hasan, Reyvaldy Alfida Yanur, M. Aditya Rifki Firmansyah, Reynaldi Rio Saputro, Mohtar Khoiruddin, Janur Syahputra, Aris Rafael Tambunan, dan Wachid Iqbal Maulana.
13. Rekan-rekan seperjuangan Kelas IF 05 E yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis mengharapkan segala bentuk saran serta kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Purwokerto, 12 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENETAPAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
ABSTRAK.....	xix
ABSTRACT.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8
2.2 Dasar Teori.....	18
2.2.1. Pneumonia.....	18
2.2.1.1 Gejala-Gejala.....	18
2.2.1.2 Diagnosis.....	19
2.2.2 Citra Digital.....	19
2.2.2.1 Elemen-Elemen Citra Digital.....	19
2.2.2.2 Jenis Citra Digital.....	20
2.2.2.2.1 Citra Biner (Monokrom).....	20
2.2.2.2.2 Citra <i>Grayscale</i> (Skala Keabuan).....	21
2.2.2.2.3 Citra Berwarna (<i>True Color</i>).....	22

2.2.2.2.3.1 Ruang Warna Lab.....	22
2.2.3 Perbaikan Citra.....	23
2.2.3.1 <i>Histogram Equalization</i>	23
2.2.3.2 <i>Adaptive Histogram Equalization</i>	24
2.2.3.3 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i>	25
2.2.4 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	25
2.2.4.1 <i>Convolution Layer</i>	26
2.2.4.2 <i>Activation Function</i>	27
2.2.4.2.1 Fungsi Aktivasi Softmax.....	27
2.2.4.2.2 Fungsi Aktivasi ReLU.....	28
2.2.4.3 <i>Pooling Layer</i>	28
2.2.4.4 <i>Flattening</i>	29
2.2.4.5 <i>Fully Connected Layer</i>	29
2.2.5 Python.....	30
2.2.6 Keras.....	30
2.2.7 <i>Confusion Matrix</i>	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Subjek dan Objek Penelitian.....	32
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	32
3.3 Proses Penelitian.....	33
3.3.1 Studi Pendahuluan.....	34
3.3.2 Pengumpulan Data.....	34
3.3.3 <i>Preprocessing</i>	36
3.3.4 Penerapan CNN.....	38
3.3.5 Evaluasi & Kesimpulan.....	42
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS	44
4.1 Hasil <i>Preprocessing</i>	44
4.1.1 Pembagian Data.....	44
4.1.2 Penerapan CLAHE.....	45
4.2 Hasil Penerapan CNN.....	47
4.2.1 Model Arsitektur CNN.....	47

4.2.2 <i>Training dan Validation</i>	49
4.2.2.1 Tanpa Penerapan CLAHE.....	49
4.2.2.2 Dengan Penerapan CLAHE.....	59
4.2.3 <i>Testing</i>	68
4.2.3.1 Tanpa Penerapan CLAHE.....	68
4.2.3.1 Dengan Penerapan CLAHE.....	74
4.3 Hasil Evaluasi.....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA.....	93
LAMPIRAN.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian-Penelitian Terdahulu.....	14
Tabel 3.1 Dataset.....	34
Tabel 3.2 Pembagian Dataset.....	36
Tabel 4.1 Hasil Perolehan <i>Training</i> dan <i>Validation</i> Terbaik.....	81
Tabel 4.2 Hasil Perolehan <i>Training</i> dan <i>Validation</i> Terburuk.....	81
Tabel 4.3 Hasil Perolehan Pengujian Terbaik.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Statistik Jumlah Kasus Pneumonia 2012-2018.....	2
Gambar 1.2 Statistik Jumlah Kasus Kematian Pneumonia 1990 - 2017.....	3
Gambar 1.3 Citra <i>X-ray</i> Toraks Sehat (a) dan Berpneumonia (b).....	4
Gambar 2.1 Pneumonia Pada Paru-Paru.....	18
Gambar 2.2 Citra Biner.....	20
Gambar 2.3 Citra <i>Grayscale</i>	21
Gambar 2.4 Citra RGB.....	22
Gambar 2.5 Ruang Warna Lab.....	22
Gambar 2.6 Proses CNN.....	26
Gambar 2.7 <i>Convolution Layer</i>	26
Gambar 2.8 Softmax.....	27
Gambar 2.9 ReLU.....	28
Gambar 2.10 <i>Pooling Layer</i>	28
Gambar 2.11 <i>Flattening</i>	29
Gambar 2.12 <i>Confusion Matrix</i>	30
Gambar 3.1 Proses Penelitian.....	33
Gambar 3.2 Data Citra X-ray Toraks Normal.....	35
Gambar 3.3 Data Citra X-ray Toraks Berpneumonia.....	35
Gambar 3.4 Proses <i>Preprocessing</i>	36
Gambar 3.5 Proses CLAHE.....	37
Gambar 3.6 Proses Penerapan CNN.....	38
Gambar 3.7 Proses Merancang Arsitektur.....	39
Gambar 3.8 Proses <i>Training</i> dan <i>Validation</i> Model.....	41
Gambar 3.9 Proses Evaluasi & Pengambilan Kesimpulan.....	42
Gambar 4.1 Potongan <i>Script</i> Pembagian Dataset.....	44
Gambar 4.2 Struktur Dataset Normal.....	45
Gambar 4.3 Potongan <i>Script</i> Penerapan CLAHE.....	46
Gambar 4.4 Citra Sebelum Dilakukan Penerapan CLAHE.....	46
Gambar 4.5 Citra Setelah Dilakukan Penerapan CLAHE.....	46

Gambar 4.6 Struktur Dataset CLAHE.....	47
Gambar 4.7 Rancangan Model Arsitektur CNN.....	48
Gambar 4.8 <i>Summary</i> Arsitektur CNN Dengan Input Ukuran 256x256.....	49
Gambar 4.9 Hasil Perolehan <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	50
Gambar 4.10 Grafik Perolehan <i>Accuracy Training</i> dan <i>Validation</i>	51
Gambar 4.11 Grafik Perolehan <i>Loss Training</i> dan <i>Validation</i>	51
Gambar 4.12 Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	52
Gambar 4.13 Grafik Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	52
Gambar 4.14 Hasil Perolehan <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	53
Gambar 4.15 Grafik Perolehan <i>Accuracy Training</i> dan <i>Validation</i>	54
Gambar 4.16 Grafik Perolehan <i>Loss Training</i> dan <i>Validation</i>	54
Gambar 4.17 Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	55
Gambar 4.18 Grafik Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	55
Gambar 4.19 Hasil Perolehan <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	56
Gambar 4.20 Grafik Perolehan <i>Accuracy Training</i> dan <i>Validation</i>	57
Gambar 4.21 Grafik Perolehan <i>Loss Training</i> dan <i>Validation</i>	57
Gambar 4.22 Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	58
Gambar 4.23 Grafik Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	58
Gambar 4.24 Hasil Perolehan <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	59
Gambar 4.25 Grafik Perolehan <i>Accuracy Training</i> dan <i>Validation</i>	60
Gambar 4.26 Grafik Perolehan <i>Loss Training</i> dan <i>Validation</i>	60
Gambar 4.27 Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	61
Gambar 4.28 Grafik Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	61
Gambar 4.29 Hasil Perolehan <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	62
Gambar 4.30 Grafik Perolehan <i>Accuracy Training</i> dan <i>Validation</i>	63
Gambar 4.31 Grafik Perolehan <i>Loss Training</i> dan <i>Validation</i>	63
Gambar 4.32 Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	64
Gambar 4.33 Grafik Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	64
Gambar 4.34 Hasil Perolehan <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	65
Gambar 4.35 Grafik Perolehan <i>Accuracy Training</i> dan <i>Validation</i>	66
Gambar 4.36 Grafik Perolehan <i>Loss Training</i> dan <i>Validation</i>	66

Gambar 4.37 Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	67
Gambar 4.38 Grafik Waktu <i>Training</i> dan <i>Validation</i>	67
Gambar 4.39 Hasil Pengujian Model.....	68
Gambar 4.40 Hasil Akurasi Pengujian Model.....	69
Gambar 4.41 Grafik Perolehan Akurasi Pengujian.....	70
Gambar 4.42 Hasil Pengujian Model.....	70
Gambar 4.43 Hasil Akurasi Pengujian Model.....	71
Gambar 4.44 Grafik Perolehan Akurasi Pengujian.....	72
Gambar 4.45 Hasil Pengujian Model.....	72
Gambar 4.46 Hasil Akurasi Pengujian Mode.....	73
Gambar 4.47 Grafik Perolehan Akurasi Pengujian.....	74
Gambar 4.48 Hasil Pengujian Model.....	75
Gambar 4.49 Hasil Akurasi Pengujian Model.....	75
Gambar 4.50 Grafik Perolehan Akurasi Pengujian.....	76
Gambar 4.51 Hasil Pengujian Model.....	77
Gambar 4.52 Hasil Akurasi Pengujian Model.....	77
Gambar 4.53 Grafik Perolehan Akurasi Pengujian.....	78
Gambar 4.54 Hasil Pengujian Model.....	79
Gambar 4.55 Hasil Akurasi Pengujian Model.....	79
Gambar 4.56 Grafik Perolehan Akurasi Pengujian.....	80
Gambar 4.57 Grafik <i>Training Accuracy</i>	82
Gambar 4.58 Grafik <i>Training Loss</i>	82
Gambar 4.59 Grafik <i>Validation Accuracy</i>	83
Gambar 4.60 Grafik <i>Validation Loss</i>	83
Gambar 4.61 Hasil Rata-Rata Model Tanpa Penerapan CLAHE.....	84
Gambar 4.62 Hasil Rata-Rata Model Dengan Penerapan CLAHE.....	84
Gambar 4.63 Grafik Rata-rata perolehan <i>Training & Validation</i>	84
Gambar 4.64 Grafik Rata-rata <i>Training Accuracy</i>	85
Gambar 4.65 Grafik Rata-rata <i>Validation Accuracy</i>	86
Gambar 4.66 Grafik Rata-rata <i>Training Loss</i>	87
Gambar 4.67 Grafik Rata-rata <i>Validation Loss</i>	87

Gambar 4.68 Grafik Waktu <i>Training</i>	88
Gambar 4.69 Grafik Akurasi Pengujian.....	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Source Code</i> Pembagian Dataset.....	100
Lampiran 2 <i>Source Code</i> Penerapan CLAHE.....	101
Lampiran 3 <i>Source Code Training</i> dan <i>Validation</i> (Normal).....	102
Lampiran 4 <i>Source Code Testing</i> (Normal).....	108
Lampiran 5 <i>Source Code</i> Grafik Perolehan Hasil (Normal).....	117
Lampiran 6 <i>Source Code Training</i> dan <i>Validation</i> (CLAHE).....	122
Lampiran 7 <i>Source Code Testing</i> (CLAHE).....	128
Lampiran 8 <i>Source Code</i> Grafik Perolehan Hasil (CLAHE).....	137
Lampiran 9 <i>Source Code</i> Rata-rata Keseluruhan Hasil.....	142
Lampiran 10 <i>Source Code</i> Grafik Keseluruhan Hasil.....	143

DAFTAR SINGKATAN

CLAHE	<i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i>
CNN	<i>Convolutional Neural Network</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
HE	<i>Histogram Equalization</i>
AHE	<i>Adaptive Histogram Equalization</i>
ReLU	<i>Rectified Linear Unit</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>
DNN	<i>Deep Neural Network</i>
MLP	<i>Multi Layer Perceptron</i>
RGB	<i>Red Green Blue</i>
BGR	<i>Blue Green Red</i>
HSV	<i>Hue Saturation Value</i>
GLCM	<i>Gray Level Co-occurrence Matrix</i>
SGD	<i>Stochastic Gradient Descent</i>
MSE	<i>Mean Square Error</i>
PSNR	<i>Peak Signal to Noise Ratio</i>
CNN-DW	<i>Convolutional Neural Network-Discrete Wavelet</i>
CNN-CT	<i>Convolutional Neural Network-Curvelet Transform</i>
CT	<i>Computed Tomography</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
TN	<i>True Negative</i>
TP	<i>True Positive</i>
FN	<i>False Negative</i>
FP	<i>False Positive</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
VGA	<i>Video Graphics Adapter</i>
GB	<i>Giga Byte</i>
HD	<i>High Definition</i>
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>

ELU	<i>Exponential Linear Unit</i>
PReLU	<i>Parametric Rectified Linear Unit</i>
DenseNet	<i>Dense Convolutional Network</i>
ResNet	<i>Residual Neural Network</i>
Adagrad	<i>Adaptive Gradient Algorithm</i>
2D	2 Dimensi
3D	3 Dimensi