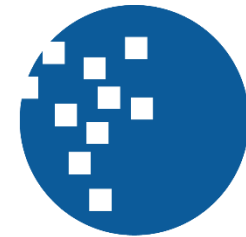


**PENERAPAN CLAHE DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
DALAM DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA
RADIOGRAFI**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

SKRIPSI

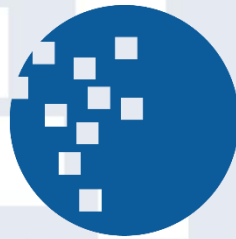
Dudi Nurdiyansah

00000058422

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG**

2025

**PENERAPAN CLAHE DAN CONVOLUTIONAL NEURAL
NETWORK DALAM DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU
PADA CITRA RADIOGRAFI**



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer (S.Kom.)

Dudi Nurdiyansah

00000058422

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA**

UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA

TANGERANG

2025

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Dudi Nurdiyansah

Nomor Induk Mahasiswa : 00000058422

Program Studi : Sistem Informasi

Skripsi dengan judul:

PENERAPAN CLAHE DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
DALAM DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA RADIOGRAFI

Merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari laporan karya tulis ilmiah yang ditulis oleh orang lain, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan/penyimpangan, baik dalam pelaksanaan maupun dalam penulisan laporan karya tulis ilmiah, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah yang telah saya tempuh.

Tangerang, 24 Juni 2025



(Dudi Nurdiyansah)

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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

PENERAPAN CLAHE DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA RADIOGRAFI

Oleh

Nama : Dudi Nurdiyansah
NIM : 00000058422
Program Studi : Sistem Informasi
Fakultas : Teknik dan Informatika

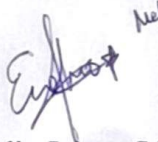
Telah diujikan pada hari Selasa, 10 Juni 2025

Pukul 10.00 s.d 12.00 dan dinyatakan

LULUS

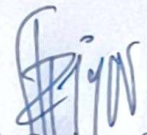
Dengan susunan penguji sebagai berikut.

Ketua Sidang

 25/6/25

Monika Evelin Johan, S.Kom., M.M.S.I.
NIDN: 0327059501/NIK: 071281

Penguji

 25/6-25

Samuel Ady Sanjaya, S.T., M.T.
NIDN: 0305049402/NIK:075049

Pembimbing

 25/6/25

Dr. Irmawati, S.Kom., M.M.S.I.
NIDN: 0805097703/NIK: 081431

Ketua Program Studi Sistem Informasi

 25/6/25

Ririn Ikana Desanti, S.Kom., M.Kom.

NIDN: 313058001/NIK: 051314

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dudi Nurdiyansah

NIM : 00000058422

Program Studi : Sistem Informasi

Jenjang : S1

Judul Karya Ilmiah : Skripsi

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

- ☒ Saya bersedia memberikan izin sepenuhnya kepada Universitas Multimedia Nusantara untuk mempublikasikan hasil karya ilmiah saya ke dalam repositori Knowledge Center sehingga dapat diakses oleh Sivitas Akademika UMN/Publik. Saya menyatakan bahwa karya ilmiah yang saya buat tidak mengandung data yang bersifat konfidensial.
- ☐ Saya tidak bersedia mempublikasikan hasil karya ilmiah ini ke dalam repositori Knowledge Center, dikarenakan: dalam proses pengajuan publikasi ke jurnal/konferensi nasional/internasional (dibuktikan dengan *letter of acceptance*) **.
- ☐ Lainnya, pilih salah satu:
 - ☐ Hanya dapat diakses secara internal Universitas Multimedia Nusantara
 - ☐ Embargo publikasi karya ilmiah dalam kurun waktu 3 tahun.

Tangerang, 24 Juni 2025

Yang menyatakan,



(Dudi Nurdiyansah)

* Pilih salah satu

** Jika tidak bisa membuktikan LoA jurnal/HKI, saya bersedia mengizinkan penuh karya ilmiah saya untuk dipublikasikan ke KC UMN dan menjadi hak institusi UMN.

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, saya dengan gembira mengumumkan penyelesaian Skripsi berjudul "PENERAPAN CLAHE DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA RADIOGRAFI" Penulisan ini merupakan salah satu persyaratan untuk meraih gelar S.Kom dari Jurusan Sistem Informasi di Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Saya tidak bisa mengabaikan kontribusi dan bimbingan yang saya terima dari berbagai pihak selama perjalanan ini. Oleh karena itu, dengan tulus, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Andrey Andoko, M.Sc., selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara.
 2. Dr. Eng. Niki Prastomo. S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.
 3. Ibu Ririn Ikana Desanti, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi, Universitas Multimedia Nusantara.
 4. Dr. Irmawati, S.Kom., M.M.S.I., selaku Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi sehingga terselesainya tugas akhir ini.
 5. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
 6. Teman-teman saya yang telah memberikan masukan, saran, dan dukungan.
- Semoga karya ilmiah ini dapat memberikan manfaat, menjadi sumber informasi, dan menjadi inspirasi bagi pembaca yang membacanya

Tangerang, 24 Juni 2025



(Dudi Nurdyansah)

PENERAPAN CLAHE DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM DETEKSI PENYAKIT PARU-PARU PADA CITRA RADIOGRAFI

(Dudi Nurdyansah)

ABSTRAK

Paru-paru memiliki peran penting dalam pertukaran gas di sistem pernapasan, memungkinkan oksigen dan karbon dioksida saling bertukar antara darah dan udara. Pencemaran udara menjadi permasalahan serius karena mengakibatkan udara tercemar polutan yang merugikan sistem pernapasan, terutama paru-paru. Penyakit pada paru-paru, seperti pneumonia, tuberkulosis, dan COVID-19, dapat menjadi ancaman serius terhadap kesehatan manusia dan berpotensi fatal jika tidak ditangani dengan cermat.

Dalam bidang kedokteran, analisis citra radiografi paru-paru melalui foto rontgen (X-Ray) merupakan metode umum untuk mendeteksi penyakit paru-paru. Untuk meningkatkan efektivitas diagnosis, kecerdasan buatan, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode identifikasi penyakit paru-paru, khususnya pneumonia, tuberkulosis, dan COVID-19, menggunakan teknologi CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) sebagai metode pemrosesan citra dan CNN sebagai metode klasifikasi.

Metode identifikasi berbasis CLAHE dan CNN ini diimplementasikan ke dalam aplikasi website berbasis Streamlit guna meningkatkan kemampuan deteksi dini penyakit paru-paru. Model EfficientNetB3 yang dikembangkan menunjukkan performa optimal, dengan akurasi validasi tertinggi sebesar 98,75%, dan akurasi pengujian sebesar 98,64%. Penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan pengaruh penggunaan metode CLAHE terhadap peningkatan akurasi dalam mendeteksi penyakit paru-paru secara otomatis melalui citra radiografi.

Kata kunci: Citra Radiografi, CLAHE, Convolutional Neural Network, Penyakit Paru-paru

CLAHE AND CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK IMPLEMENTATION FOR IDENTIFICATION OF LUNG DISEASES BASED ON RADIOGRAPHIC IMAGES

(Dudi Nurdiyansah)

ABSTRACT (English)

The lungs play a vital role in the gas exchange process within the respiratory system, enabling the transfer of oxygen and carbon dioxide between the blood and the air. Air pollution has become a serious issue as it introduces harmful pollutants into the atmosphere that can damage the respiratory system, particularly the lungs. Lung diseases such as pneumonia, tuberculosis, and COVID-19 pose significant threats to human health and can be fatal if not treated properly.

In the medical field, lung radiographic image analysis through chest X-rays is a common method for detecting lung diseases. To enhance diagnostic effectiveness, artificial intelligence specifically Convolutional Neural Networks (CNN) has become the primary focus of this research. This study aims to implement a method for identifying lung diseases, specifically pneumonia, tuberculosis, and COVID-19, by using CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) for image preprocessing and CNN for classification.

This method is implemented in a web-based application using Streamlit to improve the early detection capabilities of lung diseases. The developed EfficientNetB3 model demonstrates optimal performance, with a highest validation accuracy of 98.75% and a testing accuracy of 98.64%. This study is expected to reveal the influence of CLAHE on improving the accuracy of automated lung disease detection through radiographic images.

Keywords: CLAHE, Convolutional Neural Network, Lung Disease, Radiographic Image

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT (English)</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Batasan Masalah.....	8
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	8
1.4.1 Tujuan Penelitian.....	8
1.4.2 Manfaat Penelitian.....	9
1.5 Sistematika Penulisan.....	9
BAB II LANDASAN TEORI.....	12
2.1 Penelitian Terkait.....	12
2.2 Teori Penelitian.....	18
2.2.1 Penyakit Paru-paru.....	18
2.2.1.1 Tuberkulosis.....	19
2.2.1.2 Pneumonia.....	20
2.2.1.3 COVID-19.....	20
2.3 Framework dan Algoritma.....	21
2.3.1 Framework CRISP-DM.....	22
2.3.2 Data Augmentation.....	25
2.3.3 Deep Learning.....	27
2.3.4 Convolutional Neural Network (CNN).....	27
2.3.5 Transfer Learning.....	33
2.3.5.1 EfficientNetB3.....	34
2.3.5.2 ResNet50.....	36
2.3.5.3 DenseNet201.....	38

2.3.6 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE).....	40
2.3.7 Evaluation Matrix.....	43
2.4 Tools Penelitian.....	45
2.4.1 Python.....	46
2.4.2 GitHub.....	46
2.4.3 Streamlit.....	47
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	48
3.1 Gambaran Umum Objek Penelitian.....	48
3.2 Metode Penelitian.....	49
3.2.1 Data Collection & Description.....	52
3.2.2 Data Preprocessing.....	52
3.2.3 Data Augmentation.....	52
3.2.4 Hyperparameter Tuning.....	53
3.2.5 Model Building.....	54
3.2.6 Model Training.....	54
3.2.7 Model Comparative.....	55
3.2.8 Model Evaluation.....	55
3.2.9 Deployment.....	55
3.3 Variabel Penelitian.....	56
3.3.1 Variabel Dependen.....	56
3.3.2 Variabel Independen.....	56
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	57
3.5 Teknik Pengambilan Sample.....	57
3.6 Teknik Analisis Data.....	58
BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN.....	60
4.1 Business Understanding.....	60
4.2 Data Understanding.....	60
4.2.1 Data Collection.....	61
4.2.2 Data Description.....	61
4.2.3 Data Verification.....	62
4.3 Data Preparation.....	64
4.3.1 Data Split.....	64
4.3.2 CLAHE.....	66
4.3.3 Data Augmentation.....	67
4.4 Modeling.....	68
4.4.1 Hyperparameter Tuning.....	68
4.4.2 Model Architecture.....	76
4.4.2.1 Model Architecture EfficientNetB3.....	76

4.4.2.2 Model Architecture ResNet50.....	78
4.4.2.3 Model Architecture DenseNet201.....	80
4.4.2.4 Model Architecture Base CNN.....	82
4.4.3 Model Training.....	85
4.5 Evaluation.....	88
4.5.1 Model Comparative.....	88
4.5.2 Perbandingan Base Model dan Model (CLAHE).....	120
4.5.3 Perbandingan Dengan Penelitian Terkait.....	122
4.6. Deployment.....	124
4.6.1 Pengujian Hasil Deployment.....	127
5.1 Simpulan.....	128
5.2 Saran.....	129



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terkait.....	12
Tabel 2.2 Layer Data Augmentasi.....	26
Tabel 2.3 Tabel Confusion Matrix.....	43
Tabel 3.1 Tabel Perbandingan Framework.....	49
Tabel 3.3 Tabel Pembagian Dataset.....	58
Tabel 4.1 Deskripsi Dataset.....	62
Tabel 4.2 Fungsi Hyperparameter.....	72
Tabel 4.3 Alokasi Resource Hyperparameter.....	74
Tabel 4.4 Arsitektur Model EfficientNetB3.....	77
Tabel 4.5 Hyperparameter Terbaik EfficientNetB3.....	77
Tabel 4.6 Arsitektur Model ResNet50.....	79
Tabel 4.7 Hyperparameter Terbaik ResNet50.....	80
Tabel 4.8 Arsitektur Model DenseNet201.....	81
Tabel 4.9 Hyperparameter Terbaik Densenet201.....	82
Tabel 4.10 Arsitektur Model BaseCNN.....	84
Tabel 4.11 Hyperparameter Terbaik BaseCNN.....	85
Tabel 4.12 Hasil Klasifikasi Model BaseCNN.....	91
Tabel 4.13 Evaluasi Base CNN.....	91
Tabel 4.14 Keseluruhan Evaluasi Base CNN.....	92
Tabel 4.15 Hasil Klasifikasi Model BaseCNN (CLAHE).....	94
Tabel 4.16 Evaluasi Base CNN (CLAHE).....	95
Tabel 4.17 Keseluruhan Evaluasi Base CNN (CLAHE).....	95
Tabel 4.18 Hasil Klasifikasi Model ResNet50.....	99
Tabel 4.19 Evaluasi ResNet50.....	99
Tabel 4.20 Keseluruhan Evaluasi ResNet50.....	100
Tabel 4.21 Hasil Klasifikasi Model ResNet50 (CLAHE).....	102
Tabel 4.22 Evaluasi ResNet50 (CLAHE).....	103
Tabel 4.23 Keseluruhan Evaluasi ResNet50 (CLAHE).....	103
Tabel 4.24 Hasil Klasifikasi Model DenseNet201.....	106
Tabel 4.25 Evaluasi DenseNet201.....	106
Tabel 4.26 Keseluruhan Evaluasi DenseNet201.....	107
Tabel 4.27 Hasil Klasifikasi Model DenseNet201 (CLAHE).....	109
Tabel 4.28 Evaluasi DenseNet201 (CLAHE).....	110
Tabel 4.29 Keseluruhan Evaluasi DenseNet201 (CLAHE).....	111
Tabel 4.30 Hasil Klasifikasi Model EfficientNetB3.....	113

Tabel 4.31 Evaluasi EfficientNetB3.....	114
Tabel 4.32 Keseluruhan Evaluasi EfficientNetB3.....	114
Tabel 4.33 Hasil Klasifikasi Model EfficientNetB3 (CLAHE).....	118
Tabel 4.34 Evaluasi EfficientNetB3 (CLAHE).....	119
Tabel 4.35 Hasil Klasifikasi Model EfficientNetB3 (CLAHE).....	120
Tabel 4.36 Perbandingan antar Model.....	121
Tabel 4.37 Perbandingan dengan Penelitian Terkait.....	122
Tabel 4.38 Hasil Pengujian melalui Streamlit.....	127



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kota dengan Polusi Udara Tinggi.....	1
Gambar 1.2 Negara dengan Insiden TB Tertinggi.....	2
Gambar 1.3 Peta Persebaran Kasus Kematian Pneumonia.....	3
Gambar 1.4 Jumlah Kasus Kematian Akibat COVID-19.....	4
Gambar 2.1 Framework CRISP-DM.....	23
Gambar 2.2 Arsitektur CNN.....	28
Gambar 2.3 Convolutional Layers.....	30
Gambar 2.4 Global Average Pooling.....	32
Gambar 2.5 Fully-connected Layers.....	33
Gambar 2.7 Metode Compound Scaling.....	36
Gambar 2.8 Arsitektur ResNet50.....	37
Gambar 2.9 Arsitektur DenseNet201.....	39
Gambar 2.9 Ilustrasi CLAHE.....	41
Gambar 3.1 Sampel Dataset Sinar-X bagian Paru-paru.....	48
Gambar 3.2 Alur Penelitian.....	51
Gambar 4.1 Distribusi Jumlah Citra per Kelas.....	63
Gambar 4.2 Code Pembagian Dataset.....	65
Gambar 4.3 Visualisasi CLAHE.....	66
Gambar 4.4 Visualisasi Histogram CLAHE.....	67
Gambar 4.5 Visualisasi Hasil Data Augmentation.....	68
Gambar 4.6 Model Building dengan Hyperparameter.....	71
Gambar 4.8 Alokasi Resource Hyperparameter.....	74
Gambar 4.10 Accuracy Plot Model Base CNN.....	89
Gambar 4.11 Confusion Matrix Model Base CNN.....	90
Gambar 4.12 Accuracy Plot Model Base CNN (CLAHE).....	93
Gambar 4.13 Confusion Matrix Model Base CNN (CLAHE).....	94
Gambar 4.14 Accuracy Plot Model ResNet50.....	97
Gambar 4.15 Confusion Matrix Model ResNet50.....	98
Gambar 4.16 Accuracy Plot Model ResNet50 (CLAHE).....	101
Gambar 4.17 Confusion Matrix Model ResNet50 (CLAHE).....	102
Gambar 4.18 Accuracy Plot Model DenseNet201.....	104
Gambar 4.19 Confusion Matrix Model DenseNet201.....	105
Gambar 4.20 Accuracy Plot Model DenseNet201 (CLAHE).....	108
Gambar 4.21 Confusion Matrix Model DenseNet201 (CLAHE).....	109
Gambar 4.22 Accuracy Plot Model EfficientNetB3.....	111

Gambar 4.23 Confusion Matrix Model EfficientNetB3.....	112
Gambar 4.24 Accuracy Plot Model EfficientNetB3 (CLAHE).....	116
Gambar 4.25 Confusion Matrix Model EfficientNetB3 (CLAHE).....	117
Gambar 4.26 Repositori GitHub.....	124
Gambar 4.27 Tampilan Awal Aplikasi.....	125
Gambar 4.28 Prediksi Citra Tunggal.....	126
Gambar 4.29 Prediksi Batch.....	126



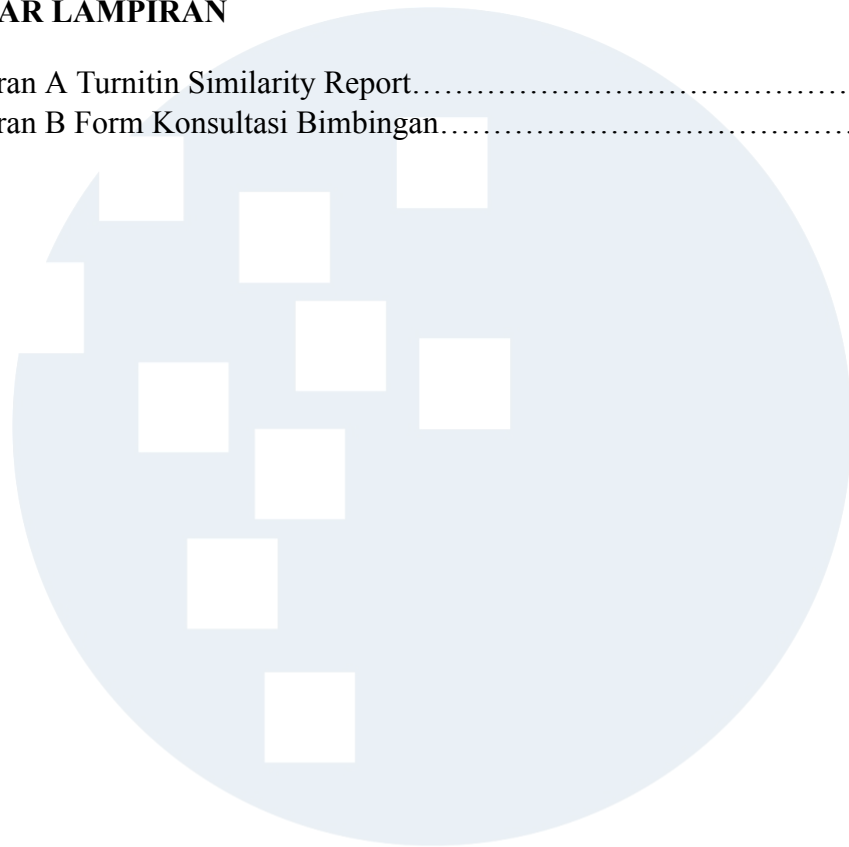
DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Fungsi Aktivasi ReLU (Rectified Linear Unit).....	30
Rumus 2.2 Fungsi Aktivasi Sigmoid.....	30
Rumus 2.3 Rata-rata jumlah piksel per wilayah.....	40
Rumus 2.4 Penentuan nilai batas klip (clip limit).....	40
Rumus 2.5 Penerapan batas klip pada histogram.....	40
Rumus 2.6 Jumlah piksel yang diklip.....	41
Rumus 2.7 Redistribusi piksel hasil kliping.....	41
Rumus 2.8 Normalisasi histogram pasca-redistribusi.....	41
Rumus 2.9 Histogram kumulatif wilayah kontekstual.....	41
Rumus 2.10 Interpolasi bilinear untuk nilai piksel output.....	42
Rumus 2.11 Rumus Perhitungan Accuracy.....	44
Rumus 2.12 Rumus Perhitungan Precision.....	44
Rumus 2.13 Rumus Perhitungan Recall.....	44
Rumus 2.14 Rumus Perhitungan F1-score.....	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Turnitin Similarity Report.....	137
Lampiran B Form Konsultasi Bimbingan.....	146



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA