DEEP LEARNING DENGAN TEKNIK *EARLY STOPPING* UNTUK MENDETEKSI *MALWARE* PADA PERANGKAT *IOT*

IWANG MOESLEM ANDIKA SURYA

1910651085

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER

2025

LEMBAR PENGESAHAN

DEEP LEARNING* DENGAN TEKNIK *EARLY STOPPING* UNTUK MENDETEKSI *MALWARE* PADA PERANGKAT *IOT

Oleh:

IWANG MOESLEM ANDIKA SURYA

1910651085

Telah mempertanggungjawabkan Laporan Tugas Akhirnya pada sidang Tugas Akhir tanggal 19 Januari 2024 sebagai salah satu syarat kelulusan dan mendapatkan gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
di
Universitas Muhammadiyah Jember

Disetujui oleh,

Dosen Penguji:	Dosen Pembimbing:
Penguji I	Pembimbing I
Taufiq Timur Warisaji S.Kom., M.Kom	**Triawan Adi Cahyanto, S.Kom., M.Kom**
NIDN. 0705078006	**NIDN. 0702098804**
Penguji II	Pembimbing II
Miftahur Rahman S.Kom., M.Kom.	**Lutfi Ali Muharom, S.Si., M.Si**
NIDN. 0724039201	**NIDN. 0727108202**

Mengesahkan,	Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik	Ketua Program Studi Teknik Informatika
Dr. Jr. Muhtar, S.T., M.T., IPM	**Rosita Yanuarti, S.Kom., M.Cs**
NIDN. 0010067301	**NIDN. 0629018601**

LEMBAR ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Iwang Moeslem Andika Surya
NIM	: 1910651085
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya dengan judul: *"DEEP LEARNING DENGAN TEKNIK EARLY STOPPING UNTUK MENDETEKSI MALWARE PADA PERANGKAT IOT."* adalah benar-benar hasil karya saya sendiri. Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini bukan hasil karya asli saya, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jember, 17 Agustus 2025
Yang membuat pernyataan,

Iwang Moeslem Andika Surya

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan iii
Abstrak v
Abstract vi
KATA PENGANTAR vii
MOTTO ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA 5
2.1 *Internet of Things (IoT)* 5
2.2 *Malware* 5
2.3 *Machine learning* 5
2.4 *Deep learning* 6
2.5 *One-hot encoding* 7
2.6 *SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique)* 8
2.7 *Normalisasi MinMax* 9
2.8 Convolutional Neural Network (CNN) 9

2.9 *Early Stopping Technique* **10**

2.10 Akurasi, Presisi, *Recall* dan *F1-Score* **11**

2.11 *Exploratory Data Analysis* **11**

2.12 *Penelitian Terdahulu* **12**

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN **14**

3.1 Tahapan Penelitian **14**

3.2 Alat dan Bahan **14**

3.3 Dataset *IoT-23* **15**

3.4 *Exploratory Data Analysis* **16**

3.4.1 Distribusi Nilai Kosong **16**

3.4.2 Distribusi Label Serangan **17**

3.4.3 Durasi Koneksi Serangan vs Normal **17**

3.4.4 Protokol Populer Per Label **18**

3.5 Praproses **19**

3.5.1 Reduksi Dimensi **19**

3.5.2 *Feature Enrichment* **20**

3.5.3 *One-hot encoding* **21**

3.5.4 *Label Encoding* **22**

3.5.5 *Zero Filling* **23**

3.5.5 Normalisasi **24**

3.5.6 *SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique)* **24**

3.6 *CNN Deep learning* **25**

3.6.1 *Train Test Splitting* **25**

3.6.2 Lapisan *(Layer)* **25**

3.6.3 Proses Pelatihan **27**

3.7 *Early Stopping* **27**

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 29

4.1 Klasifikasi Deep Learning 29

4.1.1 *Input Layer* 29

4.1.2 *Hidden Layer* 29

4.1.3 *Output Layer* 30

4.2 Pelatihan pada Dataset Tidak Seimbang 31

4.2 Pelatihan pada Dataset Seimbang 33

4.3 Evaluasi Kinerja 35

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 37

5.1 Kesimpulan 37

5.2 Saran 37

DAFTAR PUSTAKA 39