

**OPTIMASI DAN SELEKSI FITUR PADA NAMA DOMAIN
UNTUK DETEKSI DGA DENGAN PENDEKATAN
RANDOM FOREST DAN BILSTM**



SKRIPSI

**MUHAMMAD ZAIDAN FIQRI
00000060117**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG
2026**

**OPTIMASI DAN SELEKSI FITUR PADA NAMA DOMAIN
UNTUK DETEKSI DGA DENGAN PENDEKATAN
RANDOM FOREST DAN BILSTM**



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Komputer (S.Kom.)

Muhammad Zaidan Fiqri

00000060117

UMN

UNIVERSITAS

MULTIMEDIA

NUSANTARA

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA**

TANGERANG

2026

HALAMAN PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Dengan ini saya,

Nama : Muhammad Zaidan Fiqri
Nomor Induk Mahasiswa : 00000060117
Program Studi : Informatika

Skripsi dengan judul:

Optimasi dan Seleksi Fitur pada Nama Domain untuk Deteksi DGA dengan Pendekatan Random Forest dan BiLSTM

merupakan hasil karya saya sendiri bukan plagiat dari karya 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 Skripsi maupun dalam penulisan laporan Skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk Tugas akhir yang telah saya tempuh.

Tangerang, 8 Januari 2026



(Muhammad Zaidan Fiqri)

UMM
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul

**OPTIMASI DAN SELEKSI FITUR PADA NAMA DOMAIN UNTUK
DETEKSI DGA DENGAN PENDEKATAN RANDOM FOREST DAN
BILSTM**

oleh

Nama : Muhammad Zaidan Fiqri
NIM : 00000060117
Program Studi : Informatika
Fakultas : Fakultas Teknik dan Informatika

Telah disetujui untuk diajukan pada

Sidang Ujian Skripsi Universitas Multimedia Nusantara

Tangerang, 8 Januari 2026

Pembimbing



(David Agustriawan, S.Kom., M.Sc., Ph.D)

NIDN: 0525088601

Ketua Program Studi Informatika,



(Arya Wicaksana, S.Kom., M.Eng.Sc., OCA)

NIDN: 0315109103

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul

OPTIMASI DAN SELEKSI FITUR PADA NAMA DOMAIN UNTUK DETEKSI DGA DENGAN PENDEKATAN RANDOM FOREST DAN BILSTM

oleh

Nama : Muhammad Zaidan Fiqri
NIM : 00000060117
Program Studi : Informatika
Fakultas : Fakultas Teknik dan Informatika

Telah diujikan pada hari Rabu, 14 Januari 2025

Pukul 08.00 s/s 10.00 dan dinyatakan

LULUS

Dengan susunan penguji sebagai berikut

Ketua Sidang

Penguji

(Dr. Maria Irimina Prasetyowati, S.Kom., (Anak Agung Ngurah Ananda Kusuma,
M.T.) B.Eng., M.Eng., Ph.D.)

NIDN: 0725057201

NIDN: 08984101024

Pembimbing

(David Agustriawan, S.Kom., M.Sc., Ph.D)

NIDN: 0525088601

Ketua Program Studi Informatika,

(Arya Wicaksana, S.Kom., M.Eng.Sc., OCA)

NIDN: 0315109103

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Zaidan Fiqri
 NIM : 00000060117
 Program Studi : Informatika
 Jenjang : S1
 Judul Karya Ilmiah : Optimasi dan Seleksi Fitur pada Nama Domain untuk Deteksi DGA dengan Pendekatan Random Forest dan BiLSTM

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 tiga tahun.

Tangerang, 8 Januari 2026

Yang menyatakan


 Muhammad Zaidan Fiqri

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

Halaman Persembahan / Motto

"Strategy isn't words, strategy is action."

Jensen Huang



KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas berkat dan rahmat kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas selesainya penulisan laporan Skripsi ini dengan judul: Optimasi dan Seleksi Fitur pada Nama Domain untuk Deteksi DGA dengan Pendekatan Random Forest dan BiLSTM dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana/Magister Komputer Jurusan Informatika Pada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak 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. Bapak Arya Wicaksana, S.Kom., M.Eng.Sc., OCA, selaku Ketua Program Studi Informatika Universitas Multimedia Nusantara.
4. Bapak David Agustriawan, S.Kom., M.Sc., Ph.D, sebagai Pembimbing pertama yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan motivasi atas terselesainya tesis ini.
5. Orang Tua saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat, baik sebagai sumber informasi maupun sumber inspirasi, bagi para pembaca.

Tangerang, 8 Januari 2026



Muhammad Zaidan Fiqri

OPTIMASI DAN SELEKSI FITUR PADA NAMA DOMAIN UNTUK DETEKSI DGA DENGAN PENDEKATAN RANDOM FOREST DAN BILSTM

Muhammad Zaidan Fiqri

ABSTRAK

Serangan siber berbasis *Domain Generation Algorithm* (DGA) merupakan teknik yang umum digunakan oleh *malware* untuk mengaburkan komunikasi dengan server *Command and Control* (C&C). Sifat dinamis dari DGA membuat metode deteksi konvensional berbasis daftar hitam (*blacklist*) menjadi tidak efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja deteksi DGA melalui komparasi dua pendekatan *Machine Learning*, yaitu *Random Forest* (berbasis fitur) dan *Bidirectional LSTM* (berbasis sekuensial), serta menganalisis dampak optimasi fitur terhadap akurasi deteksi. Dataset penelitian disusun melalui unifikasi sumber data sekunder (UMUDGA, *Data Driven Security*, Kaggle, dan ExtraHop) serta arsip Alexa dan Tranco untuk domain *legit*. Metodologi meliputi ekstraksi *Second Level Domain* (SLD), penyeimbangan data latih dengan *undersampling* (2.142.460 sampel latih seimbang), serta evaluasi pada data uji *hold-out* 20% yang tetap *imbalanced* (5.666.143 sampel). Rekayasa fitur mencakup *TF-IDF n-gram* dan fitur statistik *handcrafted* (misalnya entropi Shannon). Evaluasi dilakukan menggunakan *Stratified 5-Fold Cross-Validation* dan interpretasi model menggunakan SHAP (*SHapley Additive exPlanations*). Hasil pengujian pada data uji menunjukkan bahwa model *BiLSTM* murni (tanpa fitur buatan) menghasilkan kinerja terbaik dengan akurasi 95,36% dan *ROC-AUC* 0,9929. Di sisi lain, *Random Forest* teroptimasi menghasilkan akurasi 91,95% dengan *ROC-AUC* 0,9888, serta lebih baik dalam menekan *false positive* pada domain *legit* (indikasi dari *recall* kelas *legit* yang tinggi). Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning* berbasis sekuensial lebih efektif untuk menangkap variasi pola DGA yang kompleks, sementara pendekatan berbasis fitur lebih sesuai ketika prioritas utama adalah meminimalkan kesalahan pemblokiran pada domain *legit*.

Kata kunci: *BiLSTM*, DGA, Keamanan Siber, *Random Forest*, Rekayasa Fitur.

Optimization and Feature Selection on Domain Names for DGA Detection with Random Forest and BiLSTM Approaches

Muhammad Zaidan Fiqri

ABSTRACT

Cyberattacks based on Domain Generation Algorithms (DGA) are a common technique used by malware to obfuscate communication with Command and Control (C&C) servers. The dynamic nature of DGA renders conventional blacklist-based detection methods ineffective. This study aims to evaluate DGA detection performance by comparing two Machine Learning approaches Random Forest (feature-based) and Bidirectional LSTM (sequential-based), and to analyze the impact of feature optimization on detection accuracy. The research dataset was constructed by unifying secondary data sources (UMUDGA, Data Driven Security, Kaggle, and ExtraHop) alongside Alexa and Tranco archives for legitimate domains. The methodology involves Second-Level Domain (SLD) extraction, training data balancing via undersampling (resulting in 2,142,460 balanced training samples), and evaluation on a 20% hold-out test set that remained imbalanced (5,666,143 samples). Feature engineering included n -gram TF-IDF and handcrafted statistical features (e.g., Shannon entropy). Evaluation was conducted using Stratified 5-Fold Cross-Validation, and model interpretation was performed using SHAP (SHapley Additive exPlanations). The results on the test data show that the pure BiLSTM model (without handcrafted features) yielded the best performance with an accuracy of 95.36% and an ROC-AUC of 0.9929. On the other hand, the optimized Random Forest produced an accuracy of 91.95% with an ROC-AUC of 0.9888, and proved superior in suppressing false positives for legitimate domains (indicated by a high recall for the legitimate class). The study concludes that sequential-based deep learning approaches are more effective at capturing complex DGA variations, while feature-based approaches are more suitable when the primary priority is to minimize the accidental blocking of legitimate domains.

Keywords: *BiLSTM, Cybersecurity, DGA, Feature Engineering, Random Forest.*

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

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN/MOTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Permasalahan	6
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 LANDASAN TEORI	9
2.1 Serangan Domain Generation Algorithm (DGA)	9
2.1.1 Kebutuhan Deteksi DGA dibanding Indikator DNS Berbasis Trafik	10
2.2 Klasifikasi dan Deteksi DGA berbasis Pembelajaran Mesin	10
2.3 Pra-pemrosesan Data	11
2.3.1 Penggabungan Data dan Pelabelan	11
2.3.2 Normalisasi dan Pembersihan String Domain	12
2.3.3 Ekstraksi <i>Second-Level Domain</i> (SLD)	12
2.3.4 Pemeriksaan Nilai Kosong dan Entri Tidak Valid	12
2.3.5 Deduplikasi dan Pemeriksaan Konflik Label	13
2.4 Metode <i>Hold-Out</i> untuk Pembagian Data Latih dan Data Uji	13
2.5 Ketidakseimbangan Kelas dan Penyeimbangan Data dengan <i>Random Undersampling</i>	13
2.6 Random Forest	15
2.6.1 Konsep Dasar	15
2.6.2 Kriteria Pemisahan (Gini Impurity)	16
2.6.3 Aplikasi pada Deteksi DGA	16
2.7 Bidirectional LSTM (BiLSTM)	16
2.7.1 Arsitektur LSTM dan Gerbang Logika	16
2.7.2 Mekanisme Bidirectional	17
2.7.3 BiLSTM dengan Fitur <i>Handcrafted</i>	18
2.8 <i>Feature Engineering</i> dalam Deteksi DGA	18
2.8.1 Konsep dan Relevansi	18
2.8.2 Ekstraksi Fitur (<i>Feature Extraction</i>)	18
2.8.3 Standardisasi Fitur	20
2.8.4 Penambahan Fitur Eksternal (<i>Feature Addition</i>)	20
2.8.5 Seleksi Fitur (<i>Feature Selection</i>)	20

2.9	Evaluasi Kinerja Model	21
2.9.1	Metrik Utama	21
2.9.2	ROC-AUC	22
2.10	Validasi Silang (<i>Cross-Validation</i>)	22
2.11	Konsep Dasar XAI (Interpretabilitas)	22
2.12	SHapley Additive exPlanations	23
2.13	Varian SHAP pada Random Forest dan BiLSTM dalam Penelitian Ini	24
2.14	Sumber Data dan Basis Pengetahuan Eksternal	25
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1	Lingkungan Pengembangan dan Pustaka	26
3.2	Pra-pemrosesan Data	26
3.2.1	Sumber Dataset dan Unifikasi Data	26
3.2.2	Konfigurasi Input, Output, dan Seed Eksperimen	27
3.2.3	Normalisasi String dan Standarisasi Kolom Domain	28
3.2.4	Ekstraksi Second-Level Domain	28
3.2.5	Deduplikasi dan Pembersihan Tahap 1	28
3.2.6	Pemeriksaan Konflik Antarkelas dan Pembuatan Data Tanpa Konflik	29
3.2.7	Pembersihan Lanjutan SLD dan Pelabelan Biner	29
3.2.8	Hold-out dan Penyeimbangan Kelas	30
3.2.9	Memuat Dataset Kerja untuk Splitting	30
3.2.10	Hold-out Split 80:20	30
3.2.11	Penyeimbangan Data Latih dengan Random Undersampling	31
3.2.12	Ringkasan Artefak Data yang Dihasilkan	32
3.3	Metodologi Eksperimen Random Forest	33
3.3.1	Penyiapan Direktori Kerja dan Data Masukan	33
3.3.2	Pembagian Data <i>Hold-out</i> dan Penyeimbangan Kelas pada Data Latih	33
3.3.3	Ekstraksi Fitur TF-IDF <i>n-gram</i> Karakter	33
3.3.4	Ekstraksi Fitur <i>Handcrafted</i> dan Standarisasi	34
3.3.5	Seleksi Fitur <i>Handcrafted</i> berdasarkan <i>Feature Importance</i>	34
3.3.6	Penggabungan fitur TF-IDF dan <i>handcrafted</i>	36
3.3.7	<i>Hyperparameter tuning</i> dengan <i>RandomizedSearchCV</i>	36
3.3.8	Pelatihan Model Akhir dan Penyimpanan Model	36
3.3.9	Evaluasi Model	36
3.4	Eksperimen <i>BiLSTM</i> Murni (<i>Pure</i>)	36
3.4.1	Input Data untuk <i>BiLSTM Pure</i>	37
3.4.2	Tokenisasi Karakter dan <i>Padding</i>	37
3.4.3	Penetapan <i>Hyperparameter</i> dan Reprodusibilitas	38
3.4.4	Validasi Silang <i>Stratified K-Fold</i> pada Data Latih	38
3.4.5	Pelatihan Model Final dan Penyimpanan Model	39
3.4.6	Evaluasi pada Data Uji	39
3.5	Eksperimen <i>BiLSTM</i> Hibrida dengan Tambahan Fitur <i>Handcrafted</i>	39
3.5.1	Tujuan	39
3.5.2	Artefak dan Struktur Penyimpanan	39
3.5.3	Persiapan Data Latih, Tokenisasi Karakter, dan <i>Padding</i>	40
3.5.4	Ekstraksi dan Seleksi Fitur <i>Handcrafted</i> untuk Cabang Hibrida	41
3.5.5	<i>Hyperparameter tuning</i> model <i>BiLSTM</i> hibrida	41
3.5.6	<i>Benchmark</i> menggunakan <i>5-Fold Stratified K-Fold</i>	42
3.5.7	Pelatihan Final Model Hibrida dan Penyimpanan Model	42
3.5.8	Evaluasi pada Data Uji 20%	42

BAB 4	HASIL DAN DISKUSI	43
4.1	Deskripsi Dataset Eksperimen	43
4.1.1	Komposisi Data Serangan (DGA)	43
4.1.2	Komposisi Data Normal (Legit)	44
4.1.3	Sumber Data Eksternal dan Fitur Bahasa	44
4.1.4	Pembersihan dan Ekstraksi SLD	44
4.2	Pra Pemrosesan Data	45
4.2.1	Ekstraksi Nama Domain Inti (SLD)	46
4.2.2	Pembersihan <i>Strip</i> , Spasi, dan <i>Lowercasing</i>	48
4.2.3	Hapus Duplikasi Berdasarkan SLD	50
4.2.4	Hapus Kolom Tidak Perlu	51
4.3	Unifikasi dan Cek Konflik Label pada Data	52
4.3.1	Hapus SLD konflik	54
4.3.2	Pemurnian SLD	56
4.3.3	Pembersihan Label Bawaan	59
4.3.4	Labeling Ulang	61
4.3.5	Penggabungan seluruh Dataset Ke Dalam Satu file	63
4.3.6	Memuat Data dan Verifikasi Ulang Sebelum Masuk Tahap <i>Hold-Out</i> dan <i>Balancing</i>	64
4.3.7	Pembagian Data <i>Hold-Out</i> dan Penyeimbangan Kelas	67
4.4	<i>Random Forest</i>	71
4.4.1	Ekstraksi Fitur TF-IDF <i>Character n-gram</i> pada <i>Random</i> <i>Forest</i>	71
4.4.2	Analisis <i>Top n-gram</i> Berdasarkan Rata-rata Skor TF-IDF	72
4.4.3	Perhitungan Fitur <i>Handcrafted</i>	74
4.5	BiLSTM Murni (<i>Pure</i>)	94
4.6	BiLSTM dengan Fitur <i>Handcrafted</i> (<i>Hybrid</i>)	104
4.6.1	<i>Explainable AI</i> (XAI) menggunakan <i>SHAP</i> pada <i>Random</i> <i>Forest</i>	121
4.6.2	<i>Explainable AI</i> (XAI) pada BiLSTM Murni (<i>Pure</i>)	126
4.6.3	<i>Explainable AI</i> (XAI) pada BiLSTM <i>Hybrid</i>	130
4.7	Diskusi <i>Research Gap</i>	137
BAB 5	SIMPULAN DAN SARAN	139
5.1	Simpulan	139
5.2	Saran	140
DAFTAR PUSTAKA		141

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Cara kerja <i>Domain Generation Algorithm</i> . Diadaptasi dari [1].	2
Gambar 2.1	Arsitektur algoritma <i>Random Forest</i>	15
Gambar 2.2	Arsitektur <i>Bidirectional LSTM</i> (BiLSTM). Diadaptasi dari [2].	17
Gambar 3.1	Alur penelitian deteksi DGA berbasis nama domain, mulai dari penyusunan dataset (kelas DGA dan <i>legit</i>) hingga evaluasi dan interpretabilitas (XAI).	27
Gambar 4.1	Hasil validasi kembali pada lima baris awal dan lima baris akhir	63
Gambar 4.2	Hasil Distribusi kelas berdasarkan total data gabungan yang bersih dari nilai NaN	67
Gambar 4.3	Dataset Training dalam kondisi seimbang antar kelas	70
Gambar 4.4	Dataset uji tetap dalam kondisi tidak seimbang	71
Gambar 4.5	Proses menghitung TF-IDF <i>n-gram</i> serta memilih 20.000 fitur teratas yang paling sering muncul	72
Gambar 4.6	Grafik 20 <i>n-gram</i> teratas yang paling sering muncul	73
Gambar 4.7	Heatmap korelasi antar fitur <i>handcrafted</i>	82
Gambar 4.8	Grafik peringkat fitur dari tertinggi hingga terendah pada fitur <i>handcrafted</i>	83
Gambar 4.9	Hasil <i>confusion matrix</i> pada validasi silang <i>5-fold</i> (tahap pelatihan)	88
Gambar 4.10	Hasil <i>confusion matrix</i> pada tahap pengujian final	94
Gambar 4.11	Hasil <i>confusion matrix</i> pada tahap pengujian final model BiLSTM murni	104
Gambar 4.12	Hasil <i>confusion matrix</i> pada validasi silang <i>5-fold</i> BiLSTM <i>Hybrid</i> dengan fitur rekayasa	115
Gambar 4.13	Hasil akurasi dan <i>loss</i> pada pelatihan final BiLSTM <i>Hybrid</i>	117
Gambar 4.14	Hasil <i>confusion matrix</i> pada tahap pengujian final BiLSTM <i>Hybrid</i>	120
Gambar 4.15	Hasil peringkat 20 teratas fitur yang paling berpengaruh . .	122
Gambar 4.16	Hasil distribusi dari dampak fitur terhadap prediksi DGA .	124
Gambar 4.17	Hasil Distribusi pada contoh kasus sebuah domain DGA .	126
Gambar 4.18	Hasil <i>global attention</i> pada model BiLSTM murni	130
Gambar 4.19	Peringkat fitur rekayasa pada model BiLSTM <i>Hybrid</i> . . .	136
Gambar 4.20	Grafik perhatian model terhadap posisi karakter	137

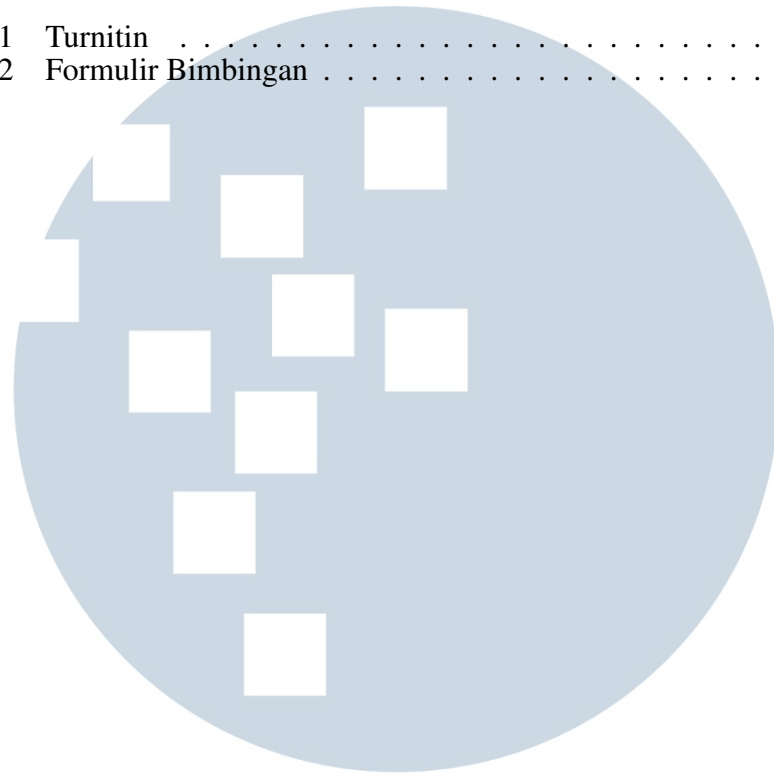
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Tinjauan metodologi penelitian terdahulu	5
Tabel 2.1	Perbandingan deteksi DGA berbasis telemetri DNS dan berbasis nama domain	10
Tabel 2.2	Contoh (2,3)-gram dari sebuah SLD	19
Tabel 3.1	Ringkasan jumlah sampel dan distribusi kelas pada setiap tahap pembagian data	32
Tabel 3.2	Daftar fitur ekstraksi untuk deteksi DGA	35
Tabel 4.1	Hasil Laporan Klasifikasi Model (ROC-AUC: 0.9888) . . .	93
Tabel 4.2	Hasil metrik evaluasi final Skenario B (<i>Pure BiLSTM</i>) . . .	103
Tabel 4.3	Ringkasan <i>classification report</i> final Skenario B (<i>Pure BiLSTM</i>)	103
Tabel 4.4	Hasil <i>benchmark BiLSTM Hybrid</i> pada <i>5-fold cross-validation</i>	114
Tabel 4.5	Hasil <i>classification report BiLSTM Hybrid</i> pada data uji 20%	119
Tabel 4.6	Ringkasan metrik utama <i>BiLSTM Hybrid</i> pada data uji 20% .	119
Tabel 4.7	<i>Research gap</i> dan posisi penelitian ini, termasuk hasil evaluasi dan XAI.	138



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Turnitin	146
Lampiran 2	Formulir Bimbingan	166



UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA