MEMODELKAN *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEM* DENGAN *NEGATIVE SELECTION ALGORITHM* UNTUK DETEKSI ANOMALI PADA JARINGAN *WEB SERVER*

MUHAMMAD DARREL AZMI TAUHID

PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Memodelkan *Artificial Immune System* dengan *Negative Selection Algorithm* untuk Deteksi Anomali pada Jaringan *Web Server*" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Muhammad Darrel Azmi Tauhid

ABSTRAK

MUHAMMAD DARREL AZMI TAUHID. Memodelkan *Artificial Immune System* dengan *Negative Selection Algorithm* untuk Deteksi Anomali pada Jaringan *Web Server*. Dibimbing oleh IRMAN HERMADI dan SHELVIE NIDYA NEYMAN.

Serangan siber pada *web server* terus berkembang dengan pola baru yang sulit dideteksi oleh *signature-based IDS* konvensional. Penelitian ini memodelkan *Artificial Immune System* (AIS) menggunakan *Negative Selection Algorithm* (NSA) sebagai *anomaly-based IDS* untuk mendeteksi anomali pada jaringan *web server* dengan meniru proses seleksi negatif sel-T pada sistem imun manusia. *Dataset* NSL-KDD diolah melalui *service filtering* (HTTP, SMTP, FTP, SSH, DNS, dan *private*), *one-hot encoding*, *min-max normalization*, serta *feature selection* berbasis menghasilkan 11 fitur terpilih dari 62 fitur. Model dibangun menggunakan 61.039 data normal dari KDDTrain+ dan diuji menggunakan KDDTest-21 melalui 3.000 skenario kombinasi parameter jumlah detektor, radius maksimal *self-sample*, dan radius detektor. Model terbaik diperoleh dengan 300 detektor, R = 1,6, dan r_d = 0,25, menghasilkan *F1-score* 78,24%, *detection rate* 82,50%, *false positive rate* 20,26%, dan akurasi 80,89%.

Kata kunci: *anomaly-based IDS*, *artificial immune system*, deteksi intrusi, jaringan web server, *negative selection algorithm*, NSL-KDD

ABSTRACT

MUHAMMAD DARREL AZMI TAUHID. Modelling Artificial Immune System with Negative Selection Algorithm for Anomaly Detection in Web Server Networks. Supervised by IRMAN HERMADI and SHELVIE NIDYA NEYMAN.

Cyberattacks on web servers continue to evolve with new patterns that are difficult to detect using conventional signature-based IDS. This study models an Artificial Immune System (AIS) using Negative Selection Algorithm (NSA) as an anomaly-based IDS to detect anomalies in web server networks, mimicking the negative selection process of T-cells in the human immune system. The NSL-KDD dataset was processed through service filtering (HTTP, SMTP, FTP, SSH, DNS, and private), one-hot encoding, min-max normalization, and mean decrease in impurity-based feature selection, resulting in 11 selected features out of 62. The model was trained using 61,039 normal instances from KDDTrain+ and tested on KDDTest-21 across 3,000 parameter combination scenarios involving the number of detectors, maximum self-sample radius, and detector radius. The best model was obtained with 300 detectors, R = 1.6, and rd = 0.25, achieving an F1-score of 78.24%, a detection rate of 82.50%, a false positive rate of 20.26%, and an accuracy of 80.89%.

Keywords: anomaly-based IDS, intrusion detection, web server network, negative selection algorithm, NSL-KDD, feature selection

MEMODELKAN *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEM* DENGAN *NEGATIVE SELECTION ALGORITHM* UNTUK DETEKSI ANOMALI PADA JARINGAN *WEB SERVER*

MUHAMMAD DARREL AZMI TAUHID

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu Komputer

PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Ahmad Ridha, S.Kom., M.S.

Judul Skripsi : Memodelkan *Artificial Immune System* dengan *Negative Selection Algorithm* untuk Deteksi Anomali pada Jaringan *Web Server*
Nama : Muhammad Darrel Azmi Tauhid
NIM : G6401221099

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Irman Hermadi, S.Kom., M.S., Ph.D.

Pembimbing 2:
Dr. Shelvie Nidya Neyman, S.Kom., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Sarjana Ilmu Komputer:
Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom.
NIP 19810809 200812 1 002

Tanggal Ujian:
10 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2025 sampai bulan Juli 2026 ini ialah skripsi dengan judul "Memodelkan *Artificial Immune System* dengan *Negative Selection Algorithm* untuk Deteksi Anomali pada Jaringan *Web Server*".

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Bapak Irman Hermadi, S.Kom., M.S., Ph.D. dan Ibu Dr. Shelvie Nidya Neyman, S.Kom., M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran dalam penyusunan skripsi. Terima kasih kepada Bapak Ahmad Ridha S.Kom., M.S., yang sudah bersedia menjadi penguji pada ujian tugas akhir. Terima kasih juga untuk Bapak Endang Purnama Giri, S.Kom., M.Kom., selaku moderator seminar hasil dan kolokium dari penelitian ini. Terakhir, ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta adik-adik yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang sehingga penulis sanggup menyelesaikan skripsi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2026

Muhammad Darrel Azmi Tauhid

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GAMBAR xii

I PENDAHULUAN 1
- 1.1 Latar Belakang 1
- 1.2 Rumusan Masalah 2
- 1.3 Tujuan 3
- 1.4 Manfaat 3
- 1.5 Ruang Lingkup 3

II TINJAUAN PUSTAKA 4
- 2.1 *Signature-Based* dan *Anomaly-based* IDS 4
- 2.2 *Negative Selection Algorithm* (NSA) 4
  - 2.2.1 *Euclidean Distance* 5
  - 2.2.2 *Affinity Density* 5
  - 2.2.3 *Self-radius* 5
  - 2.2.4 *Detector Generation* 6
- 2.2 *Mean Decrease in Impurity* (MDI) 6

III METODE 7
- 3.1 Data Penelitian 7
- 3.2 Tahapan Penelitian 8
  - 3.2.1 *Data Preprocessing* 10
    - 3.2.1.1 *Service Filtering* 11
    - 3.2.1.2 *One-hot Encoding* 12
    - 3.2.1.3 *Min-max Normalization* 13
    - 3.2.1.4 *Feature Selection* 13
  - 3.2.2 *Modelling* 14
  - 3.2.3 *Model Evaluation* 17
- 3.3 Peralatan Penelitian 18

IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19
- 4.1 *Data Preprocessing* 19
- 4.2 *Modelling* 21
- 4.3 *Model Evaluation* 26

V SIMPULAN DAN SARAN 27
- 5.1 Simpulan 27
- 5.2 Saran 27

DAFTAR PUSTAKA 28

LAMPIRAN 30

DAFTAR TABEL

1	Jenis service yang dipilih serta nilai atributnya	12
2	Fitur kategorial beserta nilai-nilai atributnya	12
3	Hasil pengujian model terbaik setiap iterasi	26

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir NSA.	4
2	Alur tahapan pengembangan NSA	10
3	Ilustrasi perhitungan *euclidean distance* data *self*	14
4	Ilustrasi pembentukan *self-sample area*	15
5	Ilustrasi penghapusan data *self* berlebih	15
6	Ilustrasi pembangkitan detektor	16
7	Ilustrasi detektor *nonself* yang dihasilkan	16
8	Nilai 11 terbesar *feature importance* pada KDDTrain+	19
9	Fungsi perhitungan *euclidean distance*	21
10	Fungsi perhitungan *affinity density* or	22
11	Fungsi perhitungan *self-radius*	23
12	Fungsi menghilangkan *overlap*	24
13	Fungsi eliminasi detektor	25