



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**IMPLEMENTASI *NON-DOMINATED SORTING GENETIC ALGORITHM II* PADA *SUPPORT VECTOR MACHINE*
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
DETEKSI *MALWARE* DALAM SISTEM
PERTAHANAN NEGARA**

ALFEMA KANSHA NANDITA 320210302003

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI SARJANA MATEMATIKA
BOGOR 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Alfema Kansha Nandita
NIM : 320210302003
Program Studi : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Implementasi *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* Pada *Support Vector Machine* untuk Meningkatkan Kemampuan Deteksi *Malware* dalam Sistem Pertahanan Negara

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Bambang Suharjo, M. Si.

Dr. Ir. Yanif Dwi Kuntjoro, M.Si.

Kolonel Laut (KH) NRP. 10830/P

Kolonel Laut (KH)
NRP. 10052/P

Tanggal:

Tanggal:

Mengetahui,

Kepala

Dekan

Program Studi Matematika

Fakultas MIPA Militer

Djoko Heksa Purnomo, S.Si., M.Si.

Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si

Kolonel Laut (KH) NRP. 14628/P

Pembina Utama Muda IV/c

Tanggal:

Tanggal:

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Alfema Kansha Nandita
 NIM : 320210302003
 Program Studi : Matematika
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
 Judul Skripsi : Implementasi *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* Pada *Support Vector Machine* untuk Meningkatkan Kemampuan Deteksi *Malware* dalam Sistem Pertahanan Negara

No.	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dosen Pembimbing I: Dr. Bambang Suharjo, M. Si. Kolonel Laut (KH) NRP. 10830/P		
2.	Dosen Pembimbing II: Dr. Ir. Yanif Dwi Kuntjoro, M. Si. Kolonel Laut (KH) NRP. 10052/P		
3.	Dosen Penguji I: Djoko Heksa Purnomo S.Si, M.Si Kolonel Laut (KH) NRP. 14628/P		
4.	Dosen Penguji II: Achmad Abdurrazaq, Ph.D. Penda Tk.I III/b NIP.199304032022031003		

PERNYATAAN ORISIONALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor,.....

Alfema Kansha Nandita

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia,
saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alfema Kansha Nandita

NIM : 320210302003

Program Studi : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Implementasi *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* Pada *Support Vector Machine* untuk Meningkatkan Kemampuan Deteksi *Malware* dalam Sistem Pertahanan Negara.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di :

Pada Tanggal :

Yang menyatakan

Alfema Kansha Nandita
NIM. 320210302003

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, Karena atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Implementasi *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* Pada *Support Vector Machine* untuk Meningkatkan Kemampuan Deteksi *Malware* dalam Sistem Pertahanan Negara”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer.

Penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kolonel Laut (KH) Djoko Heksa Purnomo, S.Si., M.Si., selaku Kepala Program Studi Matematika Militer, yang telah memberikan izin, dukungan, serta fasilitas dalam pelaksanaan penyusunan skripsi ini.
2. Kolonel Laut (KH) Dr. Bambang Suharjo, M. Si., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dan dukungan yang sangat berarti dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Kolonel Laut (KH) Dr. Ir. Yanif Dwi Kuntjoro, M. Si., selaku Dosen Pembimbing II, atas waktu, pemikiran, dan masukan yang telah diberikan dengan penuh kesabaran.
4. Kedua orang tua tercinta, Mama Tutik dan Ayah Abdi yang selalu memberikan doa, cinta, kasih sayang serta dukungan moral dan materiil tanpa henti.
5. Shanan Kaira Fiansa, adik tersayang yang membawa keceriaan dan semangat selama pengerjaan skripsi.
6. Teman-teman WS yang merupakan rekan seperjuangan, memberikan warna, canda tawa, dan kebersamaan yang menyenangkan selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.

7. Rekan-rekan Prodi Matematika, atas kebersamaan, semangat, dan dorongan selama proses belajar hingga penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh dosen dan staf di lingkungan Program Studi Matematika, atas ilmu dan pelayanan terbaik yang diberikan selama masa studi.
9. Kedua sahabat saya Najlaa Syalaisa dan Wa Ode Dianita yang selalu ada menemani dalam suka dan duka selama perjalanan perkuliahan dan penelitian.
10. Seluruh rekan Nara Dyaviksatra, yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penelitian ini.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, saya berharap skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang deteksi *Malware* dan aplikasinya dalam sistem pertahanan negara. Sebagai langkah pengembangan lebih lanjut, penelitian ini diharapkan dapat berperan dalam memperkuat sistem pertahanan nasional, khususnya dalam menghadapi ancaman siber melalui peningkatan deteksi *Software* berbahaya yang menargetkan infrastruktur vital nasional.

Bogor, 2 Juli 2025

Alfema Kansha Nandita

ABSTRAK

IMPLEMENTASI *NON-DOMINATED SORTING GENETIC ALGORITHM II* PADA *SUPPORT VECTOR MACHINE* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN DETEKSI *MALWARE* DALAM SISTEM PERTAHANAN NEGARA

Ancaman *malware* yang semakin canggih menjadi salah satu tantangan utama dalam menjaga keamanan sistem pertahanan negara, terutama pada aspek digital. Deteksi *malware* berbasis *Machine Learning* seperti *Support Vector Machine* telah digunakan secara luas karena kemampuannya dalam mengklasifikasi pola data kompleks. Namun, penggunaan *Support Vector Machine* masih memiliki kelemahan dalam hal tingginya tingkat *False Positive Rate*, yang dapat mengganggu efektivitas sistem deteksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter model *Support Vector Machine* menggunakan pendekatan *Pareto Optimization* berbasis algoritma *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm-II* (NSGA-II). Optimasi dilakukan dengan menyeimbangkan dua tujuan utama yang saling bertentangan, yaitu memaksimalkan akurasi dan meminimalkan FPR. Dataset yang digunakan diperoleh dari sumber terbuka dan diolah melalui tahap *preprocessing* dan teknik *SMOTE* untuk menangani ketidakseimbangan kelas. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model *Support Vector Machine* yang telah dioptimasi mampu meningkatkan akurasi hingga 98% dan secara signifikan menurunkan FPR dibandingkan dengan model awal. Dengan demikian, pendekatan ini efektif dalam membentuk sistem deteksi *Malware* yang lebih andal dan efisien, serta dapat diterapkan secara luas pada infrastruktur keamanan siber militer maupun sipil.

Kata Kunci: *Support Vector Machine*, *Pareto Optimization*, NSGA-II, *False Positive Rate*, Deteksi *Malware*.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF NON-DOMINATED SORTING GENETIC ALGORITHM II ON SUPPORT VECTOR MACHINE TO IMPROVE MALWARE DETECTION CAPABILITY IN NATIONAL DEFENSE SYSTEMS

The increasing sophistication of Malware poses a critical challenge to the security of national defense systems, particularly in the digital domain. Machine Learning-based detection methods such as Support Vector Machine are widely used due to their ability to classify complex data patterns. However, SVM models often suffer from high False Positive Rates, which can compromise detection system effectiveness. This study aims to optimize the SVM model parameters using a Pareto Optimization approach based on the Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm-II (NSGA-II). The optimization balances two conflicting objectives: maximizing detection accuracy and minimizing FPR. The dataset, sourced from public repositories, undergoes preprocessing and SMOTE resampling to address class imbalance. Experimental results demonstrate that the optimized SVM model achieves up to 98% accuracy and significantly reduces the FPR compared to the baseline model. Therefore, the proposed approach is effective in developing a more reliable and efficient Malware detection system, making it applicable for both military and civilian cybersecurity infrastructures.

Keywords: Support Vector Machine, Pareto Optimization, NSGA-II, False Positive Rate, Malware Detection.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISIONALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 <i>Malware</i>	5
2.1.2 <i>Prinsip Pareto (Pareto Law)</i>	6
2.1.3 <i>Synthetic Minority Over-sampling Technique</i>	8
2.1.4 <i>Support Vector Machine</i>	9

2.1.5	<i>Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II</i>	11
2.1.6	Metrik Evaluasi Model	12
2.2	Hasil Penelitian terdahulu	15
2.3	Kerangka Berpikir	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		22
3.1	Metode dan Desain Penelitian.....	22
3.3	Alat dan Bahan.....	23
3.4	Prosedur Penelitian	24
3.4.1	Pre-Processing.....	24
3.4.2	Processing Method.....	25
3.4.3	<i>Post-processing</i>	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Pre-Processing.....	29
4.1.1	Membagi target dan fitur	29
4.1.2	Normalisasi.....	31
4.1.3	Membagi data latih dan uji	32
4.1.4	<i>Resampling</i> Data menggunakan SMOTE	33
4.2	<i>Processing</i>	34
4.2.1	Algoritma <i>Support Vector Machine</i>	34
4.2.1.2	Evaluasi Model Awal	39
4.2.2	Optimasi Parameter dengan NSGA-II.....	41
4.2.2.1	Inisialisasi Populasi.....	42
4.2.2.2	Non-Dominated Sorting	43
4.2.2.3	Perhitungan <i>Crowding distance</i>	43
4.2.2.4	Seleksi	44

4.2.2.5	Crossover dan Mutasi	44
4.2.2.6	Evaluasi <i>Pareto front</i>	47
4.2.3	Evaluasi Model <i>Support Vector Machine</i> Teroptimasi.....	49
4.3	<i>Post-processing</i>	51
4.4	Pembahasan	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA		58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir Penelitian	21
Gambar 4. 1 Visualisasi <i>Confusion matrix</i> Model Awal SVM	41
Gambar 4. 2 Confusion Matriks Setelah Optimasi	51
Gambar 4. 3 Visualisasi Garis Pemisah Kelas pada Model SVM	52



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Terdahulu	15
Tabel 4. 1 Sampel Subsystem	30
Tabel 4. 2 Sampel Normalisasi	31
Tabel 4. 3 Hasil Sampel Normalisasi.....	32
Tabel 4. 4 Sampel Resampling dengan SMOTE	34
Tabel 4. 5 Sampel Support Vector Machine	35
Tabel 4. 6 Hasil Implementasi Model <i>Support Vector Machine</i> pada sampel	37
Tabel 4. 7 Evaluasi Model Awal SVM	39
Tabel 4. 8 Nilai Populasi Awal	42
Tabel 4. 9 Nilai Fungsi Objektif Populasi Awal	42
Tabel 4. 10 Nilai Non-Dominated Sorting pada Generasi Pertama.....	43
Tabel 4. 11 Nilai <i>Crowding distance</i>	44
Tabel 4. 12 Nilai Elits dari Generasi Sebelumnya.....	45
Tabel 4. 13 Hasil <i>Crossover</i> dan Mutasi Generasi Pertama	45
Tabel 4. 14 Solusi Terbaik dari Setiap Generasi	47
Tabel 4. 15 Model SVM Teroptimasi.....	49

DAFTAR SINGKATAN



AI	: <i>Artificial Intelligence</i>
CPU	: <i>Central Processing Unit</i>
FP	: <i>False Positive</i>
FPR	: <i>False Positive Rate</i>
GPU	: <i>Graphics Processing Unit</i>
ML	: <i>Machine Learning</i>
PYMOO	: <i>Python Framework for Multi-objective Optimization</i>
R&D	: <i>Research and Development</i>
RBF	: <i>Radial Basis Function</i>
SMOTE	: <i>Synthetic Minority Over-sampling Technique</i>
SVM	: <i>Support Vector Machine</i>
TN	: <i>True Negative</i>
TP	: <i>True Positive</i>
TPR	: <i>True Positive Rate</i>