



**HYBRID METAHEURISTIC-BASED FEATURE SELECTION
DENGAN SCATTER SEARCH DAN BELUGA WHALE
OPTIMIZATION UNTUK SOFTWARE DEFECT PREDICTION**

Skripsi

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Sarjana Strata-1 Ilmu Komputer**

**Oleh
MUHAMMAD ANHAR TAMIM
NIM 2211016210006**

**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

MEI 2026



**HYBRID METAHEURISTIC-BASED FEATURE SELECTION
DENGAN SCATTER SEARCH DAN BELUGA WHALE
OPTIMIZATION UNTUK SOFTWARE DEFECT PREDICTION**

Skripsi

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Sarjana Strata-1 Ilmu Komputer**

Oleh

MUHAMMAD ANHAR TAMIM

NIM 2211016210006

**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU**

MEI 2026

SKRIPSI

HYBRID METAHEURISTIC-BASED FEATURE SELECTION DENGAN SCATTER SEARCH DAN BELUGA WHALE OPTIMIZATION UNTUK SOFTWARE DEFECT PREDICTION

Oleh

MUHAMMAD ANHAR TAMIM

NIM 2211016210006

Telah dipertahankan di depan Dosen Penguji pada tanggal 5 Mei 2026.

Susunan Penguji :

Pembimbing Utama



Radityo Adi Nugroho, S.T., M.Kom.
NIP. 198212042008011006

Penguji

1.



Rudy Herteno, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198809252022031003

Pembimbing Pendamping



Andi Farpradi, S.Si., M.T.
NIP. 197307252008011006

2.



Setyo Wahyu Saputro, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198808072023211027

Banjarbaru, 2 Juni 2026

Koordinator Program Studi Ilmu Komputer




Dwi Kartini, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198704212012122003

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarbaru, 5 Mei 2026



Muhammad Anhar Tamim
NIM. 2211016210006

ABSTRAK

HYBRID METAHEURISTIC-BASED FEATURE SELECTION DENGAN SCATTER SEARCH DAN BELUGA WHALE OPTIMIZATION UNTUK SOFTWARE DEFECT PREDICTION (Oleh: Muhammad Anhar Tamim; Pembimbing: Radityo Adi Nugroho, S.T., M.Kom., dan Andi Farmadi, S.Si., M.T.; 2026; 74 halaman)

Software defect prediction sangat bergantung pada pemilihan subset fitur yang relevan dan ringkas untuk meningkatkan akurasi klasifikasi sekaligus menurunkan kompleksitas model. Penelitian ini mengusulkan hybrid framework feature selection yang mengintegrasikan Scatter Search (SS) dan Beluga Whale Optimization (BWO), yang selanjutnya disebut SSBWO. Metode ini meningkatkan kemampuan eksplorasi global melalui rekombinasi solusi terstruktur pada SS serta memperkuat eksploitasi lokal melalui mekanisme penyempurnaan berbasis BWO. Evaluasi dilakukan menggunakan dua belas dataset dari repositori NASA MDP dan lima classifier, dengan Area Under the Curve (AUC) sebagai metrik kinerja utama. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa SSBWO secara konsisten menghasilkan nilai AUC yang lebih tinggi dibandingkan beberapa algoritma metaheuristik pembandingan. Analisis statistik lebih lanjut mengonfirmasi bahwa peningkatan kinerja yang diperoleh bersifat signifikan dan tidak bergantung pada jenis classifier yang digunakan. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi SS dan BWO merupakan strategi optimasi yang efektif dan robust untuk feature selection pada software defect prediction, khususnya dalam menghadapi dataset berdimensi tinggi dan tidak seimbang.

Kata Kunci: Feature Selection, Software Defect Prediction, Scatter Search, Beluga Whale Optimization, Metaheuristic

ABSTRACT

HYBRID METAHEURISTIC-BASED FEATURE SELECTION USING SCATTER SEARCH AND BELUGA WHALE OPTIMIZATION FOR SOFTWARE DEFECT PREDICTION (By: Muhammad Anhar Tamim; Supervisor: Radityo Adi Nugroho, S.T., M.Kom., and Andi Farmadi, S.Si., M.T.; 2026; 74 pages)

Software defect prediction relies heavily on selecting relevant and compact feature subsets to improve classification accuracy while reducing model complexity. This study proposes a hybrid feature selection framework that integrates Scatter Search (SS) with Beluga Whale Optimization (BWO), referred to as SSBWO. The method enhances global exploration through structured solution recombination in SS and strengthens local exploitation using BWO-based refinement. Twelve datasets from the NASA MDP repository and five classifiers were used to evaluate performance, with the Area Under the Curve (AUC) as the primary metric. Experimental results show that SSBWO consistently achieves higher AUC values than several benchmark metaheuristic algorithms. Statistical analyses further confirm that its performance improvements are significant and independent of classifier choice. These findings demonstrate that combining SS and BWO provides an effective and robust optimization strategy for feature selection in software defect prediction, particularly when dealing with high-dimensional and imbalanced datasets.

Keywords: *Feature Selection, Software Defect Prediction, Scatter Search, Beluga Whale Optimization, Metaheuristic*

PRAKATA

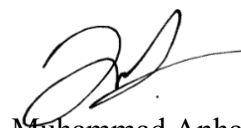
Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **“HYBRID METAHEURISTIC-BASED FEATURE SELECTION DENGAN SCATTER SEARCH DAN BELUGA WHALE OPTIMIZATION UNTUK SOFTWARE DEFECT PREDICTION”** sebagai syarat menyelesaikan pendidikan S1 Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Radityo Adi Nugroho, S.T., M.Kom., selaku pembimbing utama, atas bimbingan dan arahnya.
2. Bapak Andi Farmadi, S.Si., M.T., pembimbing pendamping, atas saran konstruktifnya.
3. Bapak Rudy Herteno, S.Kom., M.Kom. dan Bapak Setyo Wahyu Saputro, S.Kom., M.Kom., selaku penguji, atas kritik dan sarannya.
4. Ibu Dwi Kartini, S.Kom., M.Kom., selaku Koordinator Program Studi Ilmu Komputer.
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Ilmu Komputer FMIPA ULM.
6. Semua pihak lain yang turut membantu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penyusunan skripsi ini dan terbuka terhadap kritik dan saran demi perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ini bermanfaat dan mendapat ridha dari Allah Subhanahu wa Ta'ala.

Banjarbaru, 5 Mei 2026



Muhammad Anhar Tamim

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kajian Terdahulu.....	5
2.2 Software Defect Prediction (SDP)	9
2.3 <i>Feature Selection</i>	9
2.4 <i>Area Under the Curve</i> (AUC).....	11
2.5 <i>Metaheuristic</i>	12
2.6 <i>Scatter Search</i>	13
2.7 <i>Beluga Whale Optimization</i> (BWO)	17
2.8 <i>Hamming Distance</i>	26
2.9 <i>Genetic Algorithm</i> (GA).....	27
2.10 <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	28
2.11 <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO).....	29
2.12 <i>Simulated Annealing</i> (SA).....	30

2.13	<i>Whale Optimization Algorithm (WOA)</i>	31
2.14	<i>Grey Wolf Optimizer (GWO)</i>	32
2.15	<i>Harris Hawks Optimization (HHO)</i>	33
2.16	<i>Two-way Analysis of Variance (Two-way ANOVA)</i>	34
2.17	<i>Post Hoc Analysis</i>	42

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Alat dan Bahan Penelitian	44
3.2	Prosedur Penelitian	46
3.2.1	<i>Preprocessing Data</i>	48
3.2.2	Seleksi Fitur	48
3.2.2.1	<i>Framework of Scatter Search</i>	50
3.2.2.2	<i>Initialization of Population</i>	50
3.2.2.3	<i>Reference Set Formation</i>	51
3.2.2.4	<i>Combination Method</i>	52
3.2.2.5	<i>Local improvement</i>	52
3.2.2.6	Contoh Proses dari SSBWO	53
3.2.3	<i>Learning</i>	56
3.2.4	Analisis dan Pelaporan	56

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil	57
4.1.1	<i>Two-Way ANOVA Analysis</i>	62
4.1.2	<i>Post Hoc Analysis</i>	65
4.2	Pembahasan	67

BAB V PENUTUP

5.1.	Kesimpulan	68
5.2.	Saran	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1 <i>Two-Way ANOVA Table</i>	39
Tabel 2 <i>Dataset</i> NASA MDP.....	44
Tabel 3 Fitur Metrik LoC.....	45
Tabel 4 Fitur Metrik Halstead.....	45
Tabel 5 Fitur Metrik McCabe	45
Tabel 6 Fitur Metrik <i>Misc</i>	46
Tabel 7 Contoh Inisialisasi Populasi.....	54
Tabel 8 Contoh Hasil Evaluasi.....	54
Tabel 9 Contoh <i>Refset</i>	54
Tabel 10 Contoh <i>Combination</i>	54
Tabel 11 Contoh Perkembangan Solusi	55
Tabel 12 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan <i>Naive Bayes</i>	57
Tabel 13 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan <i>Logistic Regression</i>	58
Tabel 14 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan <i>Decision Tree</i>	59
Tabel 15 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan KNN	60
Tabel 16 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan <i>Gradient Boosting</i>	61
Tabel 17 <i>Mean</i> efek utama (<i>main effect</i>) faktor metode.	62
Tabel 18 <i>Mean</i> efek utama (<i>main effect</i>) faktor <i>classifier</i>	62
Tabel 19 Mean berdasarkan kombinasi metode optimasi dan <i>classifier</i>	62
Tabel 20 <i>ANOVA Table</i>	64
Tabel 21 <i>Group Statistics</i> (CLD)	65
Tabel 22 <i>Hasil Tukey's HSD</i>	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Proses seleksi fitur.....	10
Gambar 2 Tahapan <i>Beluga Whale Optimization</i> (BWO).....	19
Gambar 3 Prosedur Penelitian.....	47
Gambar 4 <i>Proposed Framework</i>	49
Gambar 5 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan <i>Naive Bayes</i>	57
Gambar 6 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan <i>Logistic Regression</i>	58
Gambar 7 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan <i>Decision Tree</i>	59
Gambar 8 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan KNN	60
Gambar 9 AUC dari berbagai seleksi fitur dengan <i>Gradient Boosting</i>	61
Gambar 10 Rata-rata AUC antar algoritma optimasi dengan CLD	65