

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan metode komputasi cerdas menunjukkan peran penting terhadap pendekatan matematika dalam menyelesaikan permasalahan optimasi nonlinier berdimensi tinggi. Permasalahan nyata seperti dalam sistem kontrol, prediksi deret waktu, ataupun pemodelan sistem kompleks dapat dirumuskan sebagai masalah optimasi dengan fungsi objektif yang tidak konveks, multimodal, dan sulit diselesaikan secara analitik. Kondisi ini mendorong berkembangnya algoritma metaheuristik yang secara matematis dirancang untuk melakukan pencarian solusi optimal menggunakan mekanisme stokastik dan iteratif [1].

Salah satu model yang sering digunakan dalam pemodelan sistem nonlinier adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) [2]. Secara matematis, ANFIS menggabungkan teori himpunan fuzzy dengan jaringan saraf tiruan dalam sebuah struktur pemetaan fungsi nonlinier berbasis aturan. Keunggulan ANFIS terletak pada kemampuannya dalam merepresentasikan hubungan nonlinier yang kompleks melalui fungsi keanggotaan fuzzy dan parameter konsekuen yang diestimasi menggunakan metode optimasi, seperti *Least-Squares Estimator* (LSE). Dengan demikian, ANFIS dapat dipandang sebagai suatu aproksimator universal berbasis sistem fuzzy yang memiliki landasan matematis yang kuat.

Hal yang krusial dalam konstruksi ANFIS pada tahap awal yaitu proses pengelompokan (*clustering*) data input untuk membentuk aturan fuzzy. Umumnya metode *Fuzzy C-Means* (FCM) sering digunakan karena formulasi matematisnya yang jelas dan berbasis optimasi fungsi objektif berbobot jarak [3]. Namun, FCM memiliki keterbatasan yaitu sering terjebak pada solusi optimal lokal dan sensitivitas terhadap inisialisasi pusat *cluster* [4]. Keterbatasan ini muncul akibat fungsi objektif pada FCM bersifat nonlinier dan diselesaikan dengan pendekatan deterministik berbasis gradien semu.

Penelitian ini memperkenalkan algoritma metaheuristik *Grey Wolf Optimizer* (GWO) dan *Butterfly Optimization Algorithm* (BOA) dengan menawarkan mekanisme pencarian global yang lebih fleksibel. Algoritma GWO dimodelkan berdasarkan hirarki sosial dan mekanisme berburu serigala abu-abu yang direpresentasikan melalui pemburuan posisi berbasis vektor jarak terhadap solusi terbaik (alpha, beta, dan delta) [5]. Algoritma BOA memodelkan perilaku kupu-kupu dalam mencari makan melalui konsep aroma, yang secara matematis menggabungkan eksploitasi lokal dan eksplorasi global menggunakan parameter adaptif [6].

Kedua algoritma tersebut digabungkan dalam sebuah skema *hybrid*, yang dalam penelitian ini disebut sebagai *Adaptive Hybrid BOA-GWO* (*Adaptive HB-GWO*). Secara teoritis, hibridisasi ini bertujuan untuk menyeimbangkan eksplorasi ruang solusi yang kuat pada algoritma BOA dan eksploitasi di sekitar solusi terbaik yang menjadi keunggulan algoritma GWO. Penambahan mekanisme adaptif pada parameter algoritma semakin memperkuat stabilitas konvergensi dan meningkatkan probabilitas dalam mencapai solusi optimal atau mendekati optimal. Oleh karena itu, proses *clustering* tidak hanya sekedar tahapan pra-pemrosesan data, namun menjadi masalah optimisasi matematis yang kompleks dan menarik untuk dikaji.

Dalam ANFIS, penggunaan *Adaptive HB-GWO* untuk *clustering* dipandang sebagai sebuah upaya dalam me-reformulasi pembentukan aturan fuzzy sebagai masalah optimisasi global. Pusat *cluster* dan parameter fungsi keanggotaan ditentukan melalui pencarian solusi optimal pada ruang berdimensi tinggi, sehingga struktur ANFIS yang dihasilkan memiliki representasi matematis yang lebih akurat terhadap data [7]. Hal ini menjadi sangat relevan ketika data tidak terdistribusi secara merata atau berada pada wilayah peralihan antar *cluster*, yang menjadi kelemahan pada pendekatan *clustering* konvensional.

Studi kasus untuk memvalidasi kerangka matematis yang dikembangkan yaitu dengan memprediksi populasi hama Wereng Batang Coklat (WBC) pada tanaman padi di Kota Semarang. Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata lugens*) merupakan salah satu hama yang memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap produktivitas pertanian [8]. Serangan hama ini bersifat kompleks dan dipengaruhi

oleh berbagai faktor lingkungan yang saling berinteraksi secara nonlinier, sehingga sangat sulit dimodelkan jika menggunakan pendekatan linier klasik [9]. Penelitian ini memiliki dua variabel input yaitu Jumlah Hari Hujan (HH) dan Kelembaban Minimum (RHmin).

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari website NASA POWER di Kota Semarang. Kota Semarang merupakan salah satu wilayah dengan aktivitas pertanian padi yang cukup signifikan. Populasi hama di Kota Semarang tidak hanya berdampak pada penurunan hasil panen, tetapi juga berpotensi memengaruhi ketahanan pangan. Sehingga prediksi serangan hama ini menjadi sebuah hal yang penting sebagai langkah awal dalam upaya mitigasi.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan metode matematis berbasis optimisasi metaheuristik dalam mengkonstruksi ANFIS, khususnya dalam konteks *clustering* adaptif. Selain itu, penelitian ini juga memperkaya kajian teoritis mengenai hibridisasi algoritma metaheuristik serta penerapan dalam pemodelan sistem nonlinier.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut fokus permasalahan pada penelitian ini:

1. Mempelajari kinerja algoritma *Adaptive* HB-GWO.
2. Memprediksi populasi hama Wereng Batang Coklat pada tanaman padi menggunakan Anfis dengan *clustering* Adaptive HB-GWO.
3. Membandingkan hasil prediksi dari BOA-ANFIS, GWO-ANFIS, FCM-ANFIS, dan HB-GWO ANFIS.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan data Jumlah Hari Hujan (HH) dan Kelembaban Minimum (RHmin) yang diperoleh dari website NASA POWER. Data yang diambil merupakan data harian sejak tanggal 1 Januari 2002 hingga 31 Desember 2025.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kinerja algoritma *Adaptive* HB-GWO.

2. Membangun dan mengukur akurasi model prediksi populasi hama WBC pada tanaman padi di Kota Semarang menggunakan metode ANFIS yang diinisialisasi menggunakan teknik *clustering Adaptive* HB-GWO.
3. Mengetahui perbandingan performa dan hasil prediksi BOA-ANFIS, GWO-ANFIS, FCM-ANFIS, dan HB-GWO ANFIS.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan ilmu pengetahuan mengenai algoritma GWO, BOA, dan *Adaptive* HB-GWO, dan juga diharapkan mampu memahami lebih dalam mengenai prediksi menggunakan ANFIS.
2. Penelitian ini diharapkan mampu membantu dalam pengambilan keputusan dalam merancang kebijakan pengendalian hama WBC secara tepat dan efisien.