

ABSTRACT

NUMERICAL SIMULATION OF HOPF BIFURCATION IN A THREE-VARIABLE PLANKTON MODEL WITH VARIATION OF PHYTOPLANKTON MAXIMUM GROWTH RATE PARAMETERS

By

Nur Rahma Azzahra

Marine ecosystems are complex biological systems involving dynamic interactions between biotic and abiotic components, particularly phytoplankton and zooplankton, and environmental factors such as dissolved oxygen. Trophic interactions in aquatic systems can be mathematically modeled using a system of nonlinear differential equations to analyze population stability and dynamics. One important phenomenon in nonlinear dynamic systems is the Hopf bifurcation, which occurs when parameter changes cause periodic oscillations or limit cycles around an equilibrium point. This study aims to numerically analyze Hopf bifurcation in a three-dimensional plankton model involving oxygen, phytoplankton, and zooplankton, with Phytoplankton Maximum Growth Rate Parameters as the main controlling parameter representing the maximum phytoplankton growth rate. The analysis was conducted through Jacobian matrix evaluation, eigenvalue calculations, and numerical simulations using the Runge–Kutta method to identify changes in system stability due to parameter variations. The results are expected to provide a deeper understanding of the stability limits of marine ecosystems and the potential for oscillatory dynamics due to changes in biological factors, thus contributing to the development of mathematical ecological modeling.

Keywords: Plankton Model with Three Variables, Hopf Bifurcation, Nonlinear Dynamical System, Stability, Numerical Simulation, Phytoplankton Maximum Growth Rate Parameters

ABSTRAK

SIMULASI NUMERIK BIFURKASI HOPF PADA MODEL PLANKTON TIGA PEUBAH DENGAN VARIASI PARAMETER LAJU PERTUMBUHAN MAKSIMUM FITOPLANKTON

Oleh

Nur Rahma Azzahra

Ekosistem laut merupakan sistem biologis kompleks yang melibatkan interaksi dinamis antara komponen biotik dan abiotik, khususnya antara fitoplankton, zooplankton, dan faktor lingkungan seperti oksigen terlarut. Interaksi trofik dalam sistem perairan dapat dimodelkan secara matematis menggunakan sistem persamaan diferensial nonlinier untuk menganalisis kestabilan dan dinamika populasi. Salah satu fenomena penting dalam sistem dinamis nonlinier adalah bifurkasi Hopf, yang terjadi ketika perubahan parameter menyebabkan munculnya osilasi periodik atau limit *cycle* di sekitar titik kesetimbangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bifurkasi Hopf secara numerik pada model plankton tiga dimensi yang melibatkan oksigen, fitoplankton, dan zooplankton, dengan parameter laju pertumbuhan maksimum fitoplankton sebagai parameter pengendali utama yang merepresentasikan laju pertumbuhan maksimum fitoplankton. Analisis dilakukan melalui evaluasi matriks Jacobian, perhitungan nilai eigen, serta simulasi numerik menggunakan metode Runge–Kutta untuk mengidentifikasi perubahan kestabilan sistem akibat variasi parameter. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai batas kestabilan ekosistem laut serta potensi terjadinya dinamika osilatori akibat perubahan faktor biologis, sehingga berkontribusi dalam pengembangan pemodelan ekologi matematis.

Kata-kata kunci: Model Plankton Tiga Peubah, Bifurkasi Hopf, Sistem Dinamis Nonlinier, Kestabilan, Simulasi Numerik, Parameter Laju Pertumbuhan Maksimum Fitoplankton