UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISASI DINAMIKA NONLINIER PADA PERSAMAAN KURAMOTO-SIVASHINSKY DENGAN SUKU PEREDAM
Valerianus Jehadu, Prof. Dr. Eng. Fahrudin Nugroho, S.Si., M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRAK

KARAKTERISASI DINAMIKA NONLINIER PADA PERSAMAAN KURAMOTO-SIVASHINSKY DENGAN SUKU PEREDAM

VALERIANUS JEHADU
24/546051/PPA/06834

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dinamika nonlinier pada persamaan Kuramoto-Sivashinsky (KS) dan varian teredamnya (dKS) melalui pendekatan komputasi berbasis metode *Exponential Time Differencing Runge-Kutta* orde keempat (ETDRK4). Persamaan KS dikenal sebagai model paradigmatik untuk fenomena *chaos spatiotemporal* dalam sistem disipatif satu dimensi. Metode ETDRK4 dikombinasikan dengan diskritisasi spasial pseudospektral berbasis *Fast Fourier Transform* (FFT) digunakan untuk menyelesaikan evolusi temporal sistem. Analisis dinamika dilakukan dengan menghitung spektrum eksponen Lyapunov (LEs) untuk mengukur derajat kekacauan sistem, vektor kovarian Lyapunov (CLVs) dengan algoritma Ginelli untuk menentukan arah instabilitas intrinsik, serta *Inverse Participation Ratio* (IPR) untuk menganalisis sifat lokalisasi spasial mode gangguan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ETDRK4 berhasil diimplementasikan secara efisien dan stabil dalam mengatasi kekakuan numerik (*stiffness*) akibat suku turunan tingkat tinggi pada persamaan KS. Analisis spektrum Lyapunov mengonfirmasi keberadaan *spatiotemporal chaos* yang bersifat ekstensif, di mana jumlah eksponen bernilai positif bertambah secara proporsional seiring dengan peningkatan ukuran domain spasial hingga mencapai saturasi. Penambahan parameter suku peredam linear (α) terbukti memegang peranan krusial dalam menekan instabilitas, yang ditandai dengan penurunan nilai eksponen Lyapunov maksimum (λ_{max}) secara monotonik serta berkurangnya jumlah mode yang tidak stabil. Lebih lanjut, hasil analisis IPR terhadap CLVs mengungkapkan bahwa lokalisasi spasial tertinggi terkonsentrasi pada mode marjinal ($\lambda \approx 0$) yang berkorespondensi dengan cacat lokal, sedangkan mode pemicu kekacauan ($\lambda > 0$) dan mode disipatif bersifat terdelokalisasi merata di seluruh domain. Peningkatan intensitas peredaman (α) juga mengakibatkan pelemahan derajat lokalisasi, merombak struktur spasial mode instabilitas dari lokalisasi lokal yang ekstrem menjadi mode kolektif yang terdelokalisasi sempurna.

Kata kunci: Kuramoto-Sivashinsky, *Exponential Time Differencing*, *Covariant Lyapunov Vectors*, kekacauan spasio-temporal, simulasi numerik

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISASI DINAMIKA NONLINIER PADA PERSAMAAN KURAMOTO-SIVASHINSKY DENGAN SUKU PEREDAM
Valerianus Jehadu, Prof. Dr. Eng. Fahrudin Nugroho, S.Si., M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF NONLINEAR DYNAMIC ON KURAMOTO-SIVASHINSKY EQUATION WITH DAMPED TERM

VALERIANUS JEHADU
24/546051/PPA/06834

This research aims to characterize the nonlinear dynamics of the Kuramoto-Sivashinsky (KS) equation and its damped variant (dKS) through a computational approach based on the fourth-order Exponential Time Differencing Runge-Kutta (ETDRK4) method. The KS equation is known as a paradigmatic model for spatiotemporal chaos phenomena in one-dimensional dissipative systems. The ETDRK4 method, combined with a Fast Fourier Transform (FFT)-based pseudospectral spatial discretization, is utilized to solve the temporal evolution of the system. Dynamical analysis is performed by calculating the spectrum of Lyapunov exponents (LEs) to quantify the degree of system chaos, covariant Lyapunov vectors (CLVs) using Ginelli's algorithm to determine the direction of intrinsic instability, and the Inverse Participation Ratio (IPR) to analyze the spatial localization properties of the perturbation modes. The results demonstrate that the ETDRK4 method was successfully implemented efficiently and stably in overcoming numerical stiffness caused by high-order derivative terms in the KS equation. Lyapunov spectrum analysis confirms the existence of extensive spatiotemporal chaos, where the number of positive exponents increases proportionally with the expansion of the spatial domain size until reaching saturation. The addition of a linear damping term parameter (α) is proven to play a crucial role in suppressing instability, marked by a monotonic decrease in the maximum Lyapunov exponent (λ_{max}) and a reduction in the number of unstable modes. Furthermore, the IPR analysis of the CLVs reveals that the highest spatial localization is concentrated in marginal modes ($\lambda \approx 0$) corresponding to local defects, whereas chaos-driving modes ($\lambda > 0$) and dissipative modes are uniformly delocalized throughout the domain. Increasing the damping intensity (α) also leads to a weakening of the degree of localization, restructuring the spatial structure of instability modes from extreme local localization into fully delocalized collective modes.

Kata kunci: Kuramoto-Sivashinsky, *Exponential Time Differencing, Covariant Lyapunov Vectors, spatiotemporal, numerical simulation*