SKRIPSI

KONTROL *CHAOS* PERSAMAAN HENON MENGGUNAKAN METODE OGY

RICHARD EDGINA VIRGO

NPM: 6161901102

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2023

FINAL PROJECT

CHAOS CONTROL OF HENON'S EQUATION USING THE OGY METHOD

RICHARD EDGINA VIRGO

NPM: 6161901102

DEPARTMENT OF MATHEMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2023

LEMBAR PENGESAHAN

KONTROL *CHAOS* PERSAMAAN HENON MENGGUNAKAN METODE OGY

RICHARD EDGINA VIRGO

NPM: 6161901102

Bandung, 15 Agustus 2023

Menyetujui,

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Prof. M. Wono Setya Budhi	Dr. Daniel Salim
Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Livia Owen	Felivia Kusnadi, M.Act.Sc.

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Dr. Livia Owen

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

KONTROL *CHAOS* PERSAMAAN HENON MENGGUNAKAN METODE OGY

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
15 Agustus 2023

Richard Edgina Virgo
NPM: 6161901102

ABSTRAK

Chaos atau *chaotic* merupakan keadaan sistem yang acak, tidak teratur, dan tidak stabil yang biasanya ditemukan di sistem dinamis tak linear. Skripsi ini memiliki tujuan agar perilaku *chaotic* tersebut dikontrol dengan mengubah parameter sehingga sistem menjadi stabil. Ada beberapa metode yang dapat dipakai dalam mengontrol perilaku *chaotic* tersebut dan yang menjadi fokus utama di skripsi ini adalah metode OGY (Ott, Grebogi, dan Yorke). Persamaan Henon dipilih sebagai contoh sistem dinamis tak linear yang menjadi topik utama dalam skripsi ini karena memiliki sifat sederhana dan mampu menunjukkan perilaku *chaotic* yang diinginkan. Dalam skripsi ini, analisis persamaan Henon dilakukan terutama pada kestabilan dan perilaku *chaotic*, lalu akan dikembangkan metode kontrol OGY untuk menstabilkan perilaku sistem. Penggunaan metode OGY ini diharapkan dapat menghasilkan model sistem dengan parameter baru, yang stabil dan dapat dikontrol.

Kata-kata kunci: *chaos*; *chaotic*; sistem dinamis tak linear; persamaan Henon; OGY.

ABSTRACT

Chaotic is a system state that is random, disordered, and unstable which is usually found in non-linear dynamic systems. This thesis aims to control the behavior of *chaotic* by changing parameters so that the system becomes stable. There are several methods that can be used to control the chaotic behavior and the main focus of this thesis is the OGY (Ott, Grebogi, and Yorke) method. entertaining Henon was chosen as an example of a non-linear dynamic system which is the main topic of this thesis because it has simple properties and is able to show the desired chaotic behavior. In this thesis, the analysis of buying and selling Henon is carried out mainly on behavior stability and disorder, then an OGY control method will be developed to regulate the behavior system. The use of the OGY method is expected to produce a system model with new, stable and controllable parameters.

Keywords: chaos; chaotic; non-linear dynamic systems; Henon map; OGY.

Bagai air yang mengalir kembali ke bumi setelah turun dari langit,
begitu juga pada puncak kesuksesan seseorang, tetaplah keluarga
diutamakan dan dihargai dengan tulus.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul "Kontrol *Chaos*" Persamaan Henon Menggunakan Metode OGY". Skripsi ini merupakan salah satu syarat wajib dalam memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Program Studi Matematika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Penulis dengan tulus mengakui bahwa penyusunan skripsi ini tidak mungkin berhasil tanpa sinergi bantuan, arahan, nasihat, dorongan, serta restu yang tak tergantikan dari berbagai individu. Oleh karena itu, di bagian ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Papa, Mama, Koko, dan seluruh keluarga, yang dengan penuh kasih telah memberikan dukungan, harapan, nasehat, serta doa yang tak henti kepada penulis sepanjang perjalanan penulisan ini. Tanpa kehadiran dan semangat dari kalian, pencapaian tesis ini tidak akan menjadi mungkin.

2. Bapak Prof. Dr. Wono Setya Budhi dan Bapak Dr. Daniel Salim, selaku dosen pembimbing, telah memberikan arahan dan panduan yang berharga dengan sabar dan baik serta memandu langkah demi langkah dalam penyusunan tesis ini.

3. Ibu Dr. Livia Owen dan Ibu Felivia, MActSc, ASAI, selaku dosen penguji, penulis haturkan terima kasih atas perhatian dan waktunya dalam mengulas serta memberikan saran berharga terhadap tesis ini.

4. Bapak dan Ibu dosen, terutama para akademisi dari Program Studi Matematika, penulis sampaikan rasa terima kasih yang tulus atas pengetahuan yang telah disampaikan dengan penuh dedikasi dan kesabaran selama empat tahun masa studi penulis.

5. Efan dan Tian, teman dekat sejak SMP, telah memberikan dukungan dan semangat sepanjang perjalanan hidup kami, termasuk dalam penulisan tesis ini.

6. Annisa, Steven, Manzo, Uday, dan Natasha, dan teman-teman kuliah matematika di UNPAR, telah memberikan dukungan dan keceriaan sepanjang studi penulis. Keberadaan mereka menjadi hal yang berarti selama masa kuliah di UNPAR.

7. Teman-teman kos dari "SKORTILAS GABUT" yang telah menjadi teman bermain dan seperti keluarga di kos. Mereka memberi semangat dan hiburan bagi penulis.

8. Kepada semua kakak dan teman seangkatan dari Program Studi Matematika, ucapan terima kasih kami sampaikan atas semua momen berharga dan pelajaran berharga yang telah kita bagi selama masa kuliah ini.

9. Segala bantuan dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, meski tidak dapat disebutkan satu per satu, telah menjadi pilar utama dalam perjalanan penyelesaian skripsi ini.

Penulis mengakui bahwa skripsi ini belum mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menerima setiap kritik dan saran yang konstruktif guna memperbaiki dan mengembangkan skripsi ini. Pada akhirnya, harapan penulis adalah agar skripsi ini dapat memberikan manfaat yang luas bagi berbagai pihak.

Bandung, 15 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena seperti perputaran benda langit, gerakan bandul, dan detak jantung adalah contoh nyata dari suatu sistem dinamis. Sistem dinamis adalah sistem yang berkembang secara deterministik seiring berjalannya waktu [1]. Dikarenakan sistem berkembang secara deterministik, keadaan sistem di masa depan dapat diketahui dengan mengetahui keadaan sistem saat ini. Sistem dinamis dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian utama, yaitu sistem dinamis linear dan tak linear. Selain itu, sistem dinamis juga dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan hubungannya dengan persamaan diferensial, yaitu sistem dinamis diskret dan sistem dinamis kontinu. Skripsi ini membahas mengenai sistem dinamis diskret tak linear.

Sistem dinamis tak linear, pada awal perkembangannya dianggap menghasilkan perilaku sistem yang stabil dan dapat diprediksi, tetapi realitasnya tidak demikian. Seiring berjalannya waktu, sistem yang awalnya stabil berubah menghasilkan perilaku yang tidak dapat diprediksi dan terlihat acak, yang dinamakan *chaos* atau perilaku *chaotic*. Perilaku ini menjadi keunikan dari sistem dinamis tak linear yang menjadi hal yang menarik untuk dibahas [2].

Poincaré, matematikawan dan filsuf Perancis yang dikenal sebagai *chaologist* pertama, memperkenalkan konsep sensitivitas pada nilai awal dan ketidakpastian sistem dalam jangka panjang. Awalnya Poincaré ingin menentukan apakah sistem tata surya itu stabil atau tidak. Namun beliau tidak dapat menghitung kestabilan tata surya dalam jangka waktu lama dikarenakan adanya konsep sensitivitas dan ketidakpastian. Karena hal itu *chaos* menjadi suatu hal yang dihindari oleh para ilmuwan, tetapi seiring berkembangnya teknologi, kestabilan sistem tersebut dapat diketahui dalam jangka waktu panjang. Konsep sensitivitas pada nilai awal dan ketidakpastian yang diperkenalkan oleh Poincaré memberikan dasar bagi pengembangan metode untuk mengendalikan *chaos* seperti memanipulasi kondisi awal suatu sistem untuk memengaruhi perilaku jangka panjang [3].

Pada tahun 1990, Ott, Grebogi, dan Yorke mengembangkan metode kontrol yang bernama metode OGY [1]. Metode OGY ini memanfaatkan konsep sensitivitas terhadap nilai awal untuk menstabilkan sistem dengan melakukan sedikit gangguan. Skripsi ini difokuskan pada sistem dinamis diskret tak linear karena metode OGY hanya berlaku untuk sistem dinamis diskret, dikarenakan gangguan yang diterapkan pada sistem terjadi saat waktu diskret dan fenomena *chaos* terutama muncul pada sistem dinamis yang bersifat tak linear. Sejak kemunculan metode ini, pengembangan pengontrolan telah mengalami kemajuan yang signifikan. Kehadiran *chaos* dalam sistem menjadi penting, dan banyaknya aplikasi kontrol *chaos* membuat metode OGY menjadi sangat populer dan sering dipelajari. Pada skripsi ini, metode OGY digunakan dalam mengontrol *chaos* pada persamaan Henon yang merupakan salah satu sistem dinamis diskret tak linear. Persamaan Henon ini digunakan karena sistemnya tergolong sederhana dan mudah serta menghasilkan perilaku *chaos* [3].

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dibahas sebelumnya, maka rumusan masalah skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan kestabilan pada sistem persamaan Henon?
2. Bagaimana mengetahui perilaku *chaos* pada persamaan Henon?
3. Bagaimana cara kerja metode OGY?
4. Bagaimana cara mengontrol *chaos* pada persamaan Henon?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah:

1. Menyelidiki kestabilan pada sistem persamaan Henon.
2. Menganalisis penyebab perilaku *chaos* pada sistem persamaan Henon.
3. Memahami cara kerja metode OGY.
4. Mengaplikasikan metode OGY untuk mengontrol *chaos* pada sistem persamaan Henon.

1.4 Sistematika Pembahasan

Skripsi ini terdiri dari 5 bab, yaitu:

- **Bab I : Pendahuluan**
  Bab ini menjelaskan mengenai masalah yang akan dijelaskan di bab-bab selanjutnya. Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan.
- **Bab II: Landasan Teori**
  Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori yang diperlukan di bab-bab selanjutnya seperti sistem dinamis, titik tetap, kestabilan titik tetap, bifurkasi, dan *chaos* beserta contohnya pada fungsi logistik.
- **Bab III: Persamaan Henon**
  Bab ini menjelaskan teori-teori yang dijelaskan pada bab II ke persamaan Henon.
- **Bab IV: Kontrol *chaos***
  Bab ini menjelaskan mengenai kontrol *chaos* termasuk aplikasi metode OGY dalam mengendalikan *chaos* pada persamaan Henon.

- **Bab V: Kesimpulan dan Saran**
  Bab ini merupakan ringkasan dan kesimpulan dari seluruh materi yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, disertai dengan saran pengembangan materi untuk masa depan.