



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Model matematika adalah persamaan matematis yang dibentuk untuk menterjemahkan fenomena pada dunia nyata ke dalam rumusan matematika. Model ini dibentuk dengan definisi dan asumsi-asumsi tertentu. Terdapat beberapa jenis model matematika, tergantung pada fenomena yang diamati. Salah satu bentuk model matematika adalah sistem dinamis yang merupakan model matematis yang menggunakan sistem persamaan diferensial. Model ini digunakan untuk mengamati pertumbuhan populasi pada suatu habitat, perkembangan infeksi suatu penyakit ataupun perkembangan produk kimia dari suatu reaksi kimia.

Pada pemodelan matematika yang menggunakan sistem dinamis, tujuan yang ingin dicapai adalah menganalisis kestabilan sistem baik secara lokal di sekitar titik ekuilibrium maupun secara global di seluruh domain dari sistem. Model yang terbentuk dianalisis menggunakan metode Routh-Hurwitz untuk kestabilan lokal dan fungsi Lyapunov untuk kestabilan global. Model yang dianalisis mengandung beberapa nilai parameter yang belum diketahui nilainya dan pada umumnya diasumsikan bernilai positif. Nilai parameter ini seringkali menentukan tingkat kestabilan dari sistem baik secara lokal maupun secara global.

Selama ini, penentuan parameter ditentukan secara trial dan error oleh peneliti. Untuk beberapa penyakit seperti influenza, HIV, Ebola dan H1N1 memiliki data populasi yang terjangkau dan populasi yang berhasil sembuh dalam suatu habitat. Namun, dalam analisis model penyakit tersebut, yang biasanya menggunakan model Susceptible, Infectible dan Resistent (SIR), parameter dari model tidak ditentukan menggunakan estimasi parameter dari data yang ada. Salah satu kesulitan yang dialami adalah fungsi yang



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

akan difitting adalah fungsi berbentuk persamaan diferensial yang belum tentu memiliki solusi analitik.

Metode optimisasi heuristik adalah metode optimisasi yang berdasarkan trial dan error dengan suatu pola yang diakui keabsahannya dalam menyelesaikan masalah namun belum dibuktikan kebenaran dari metode tersebut. Beberapa metode metaheuristik yang terkenal adalah algoritma genetika, Simulated annealing, particle swarm optimization, bat programming dan cuckoo programming. Mayoritas metode metaheuristik tersebut dibuat berdasarkan perilaku hewan dalam menentukan posisi sumber makanan.

Pada tahun 1995, Eberhart dan Kennedy menemukan metode pencarian yang didasarkan dari perilaku sekawanan serangga yang kemudian dikenal sebagai metode swarm optimization. Serangga ini berangkat dari satu titik pencarian yang acak untuk kemudian bergerak berdasarkan suatu informasi dari sekawanan lainnya menuju lokasi-lokasi pencarian [4]. Metode ini tidaklah jauh berbeda dibandingkan dengan metode metaheuristik lain seperti algoritma genetika. Perbedaan mendasar adalah tidak adanya proses crossover dan mutation yang melibatkan seluruh populasi sehingga memperkecil kebutuhan komputasi [8]. Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) memiliki kelebihan dibandingkan algoritma lainnya seperti algoritma genetika. Algoritma PSO hanya menggunakan perbandingan nilai fitness pada suatu posisi sedangkan algoritma genetika menggunakan proses encode dan decode nilai menjadi bilangan biner sehingga komputasi algoritma genetika relatif lebih lama. Selain itu, algoritma genetika kurang cocok untuk optimisasi fungsi kontinu karena encode bilangan desimal negatif menjadi bilangan biner harus menggunakan kode grey, bukan transformasi biner biasa.

Seiring perkembangan teknologi, baik secara pengembangan aplikasi maupun perangkat keras komputer, waktu komputasi tidaklah menjadi permasalahan sekarang ini. Oleh karena itu, perkembangan metode heuristik cukup pesat karena dirasa ampuh untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dengan tinjauan teoritis yang sederhana. Selain dari itu, perkembangan teknologi juga mempermudah dalam penyelesaian persamaan diferensial secara numerik. Oleh karenanya, kombinasi penyelesaian solusi numerik dari

persamaan diferensial diiringi dengan komputasi optimisasi secara simultan sangat mungkin untuk dilakukan.

Beberapa penelitian terkait metode metaheuristik telah dilakukan dalam bidang sistem dinamis dan kontrol. Aranda et.al [3] telah menggunakan algoritma genetika dalam masalah penerbangan. Dracopoulos [6] memanfaatkan pemrograman genetika dan Mobaieen et.al [7] dan Mobayen et.al [8] menggunakan PSO dan algoritma evolusi pada kontrol autolanding. Min et.al [5] menggunakan PSO dalam kontrol manuver helikopter. Abdelbar [1, 2] mengembangkan pembobotan pada PSO menggunakan fungsi distribusi dan membandingkan antara fungsi distribusi Cauchy dan Gaussian. Swaroopan dan So-masundaram [9] menerapkan PSO dengan modifikasi himpunan fuzzy untuk kasus sistem power DC-OPF.

Berdasarkan penjabaran di atas, kami tertarik untuk melakukan penelitian terkait estimasi parameter menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization pada sistem dinamis berupa sistem persamaan diferensial. Objek sistem dinamis yang diamati adalah model pertumbuhan populasi eksponensial dan logistik serta model penyebaran penyakit Susceptible, infectible dan Resistent (SIR). Untuk menentukan parameter, sistem dinamis akan ditentukan solusinya secara numerik menggunakan metode Euler.

2.2 Rumusan Masalah

Objek penelitian ini adalah model dinamika populasi yaitu model pertumbuhan eksponensial, model pertumbuhan logistik dan model penyebaran penyakit Susceptible, Infectible, Resistent (SIR). Model tersebut biasanya hanya dianalisis perilaku solusinya berdasarkan nilai parameter tertentu yang didefinisikan tanpa berdasarkan data faktual. Jika data jumlah populasi tiap waktu pengamatan tersedia, estimasi parameter tidak dapat dilakukan dengan metode kurva fitting biasa dikarenakan model yang dilibatkan adalah berupa sistem persamaan diferensial. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana menentukan parameter dari model pertumbuhan eksponensial dengan



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



menggunakan data dan kurva fitting linear?

2. Bagaimana menentukan parameter dari model pertumbuhan logistik dengan menggunakan data dan kurva fitting linear ?
3. Bagaimana mengestimasi nilai parameter model pertumbuhan eksponensial dan logistik menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)?
4. Bagaimana menentukan solusi numerik dari model Susceptible, Infectible, Resistent (SIR) menggunakan metode Euler?
5. Bagaimana mengestimasi nilai parameter model penyebaran penyakit SIR menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)?
6. Bagaimana perbandingan estimasi parameter dari model eksponensial berdasarkan kurva fitting linear dengan algoritma PSO pada model pertumbuhan eksponensial dan logistik?

3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan algoritma Particle Swarm Optimization untuk menentukan parameter pada model dinamika pertumbuhan populasi berdasarkan data riil di lingkungan. Model dinamika pertumbuhan yang akan dijadikan objek penelitian adalah model pertumbuhan eksponensial, logistik dan model epidemiologi penyebaran penyakit susceptible, Infectible, Resistant (SIR).

4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah mendapatkan alternatif metode untuk melakukan fitting kurva terutama yang melibatkan sistem dinamis. Selain itu, hasil penelitian juga dapat dimanfaatkan pada fitting kurva yang melibatkan fungsi eksplisit yang tidak bisa diselesaikan baik secara analitik maupun secara numerik menggunakan metode Gauss-Newton. Selanjutnya, beberapa bagian dalam penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

pengayaan bahan ajar mata kuliah seperti Pemodelan Matematika, Komputasi Statistika dan Metode Numerik I.