

Pemodelan Sistem Dinamika Antara Suku Bunga Bank Indonesia, Kurs Dolar Terhadap Rupiah, dan Inflasi Dengan Algoritma Genetika dan Runge Kutta

Modelling Dynamical System Between Interest Rate, Rupiah and Dollar Exchange Rate, and Inflation With Genetic Algorithm and Runge Kutta

Muhammad Fadhil Maulana¹, Dr.Deni Saepudin, S.Si., M.T², Aniq Atiqi Rohmawati.Si., M.T³

Ilmu Komputasi, Fakultas Informatika, Universitas Telkom

¹fadhilnotes@gmail.com

ABSTRAK

Aspek indikator ekonomi makro menjadi unsur yang penting bagi suatu negara. Hal ini berkaitan dengan kinerja ekonomi makro yang bisa mempengaruhi lingkup yang luas dan menyeluruh terhadap suatu negara. Data indikator ekonomi makro yang dikeluarkan oleh pemerintah atau swasta, bisa dijadikan sebagai acuan dalam mengeluarkan kebijakan selanjutnya. Pada tugas akhir ini, ada tiga indikator ekonomi makro untuk dibuat model interaksinya. Adapun indikator ekonomi yang digunakan adalah: Suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah, dan inflasi. Model yang dibangun menggunakan model sistem dinamika, parameter dari model didapatkan dari algoritma genetika dan runge kutta. Model dan parameter yang didapatkan menggambarkan pergerakan tren dari pergerakan indikator suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah, dan inflasi. Sehingga bisa dilihat tren selama lima tahun kedepan. Adapun pergerakan tren dari suku bunga Bank Indonesia yang digambarkan oleh model memiliki tingkat galat sebesar 11%, kurs dolar terhadap rupiah sebesar 14.1%, dan inflasi sebesar 20.6%. Dengan memanfaatkan model sistem dinamika yang sudah diketahui parameternya, maka dilakukan prediksi tren selama lima tahun kedepan. Diketahui bahwa pergerakan tren untuk suku bunga Bank Indonesia adalah mengalami cenderung mengalami kenaikan, kurs dolar terhadap rupiah cenderung mengalami kenaikan, dan inflasi cenderung menurun.

Kata Kunci : *Suku Bunga Indonesia, Kurs Dolar Terhadap Rupiah, Inflasi, Sistem Dinamika, Algoritma Genetika, Runge Kutta.*

ABSTRACT

The indicators of macroeconomic aspects is an important for a country, This is because the macroeconomic performance could be affect to the large and comprehensive scope for a country. Indicators macroeconomic data that published by government or private, can be used as a reference in the policy issued for the next decision. In this final project, there are only use three macroeconomic indicators for to made a model of interaction. The economic indicators used are: Indonesia Interest rate, Dolar and Rupiah exchange rate, and inflation. The model was built using a model of dynamical system, the parameters of the model obtained from the genetic algorithm and runge kutta. Model and parameters obtained illustrate the trend of the indicator movement in Indonesia interest rate, Dolar and Rupiah exchange rate, and inflation. So that could to looking the trend for to the next five years. As for the trend of Indonesia interest rate which is described by the model has an error rate as 11%, the dolar and rupiah exchange rate as 14.1%, and inflation as 20.6%. By utilizing a model of dynamical system that can knowing parameters. then that model can predictions for a trends to next five years, it is known that the trend for Indonesia interest rate tend to increase, the dolar and rupiah exchange rate tend to increase, and inflation is tend to decrease.

Keywords : *Interest Rate of Indonesia, Rupiah and Dollar Exchange Rate, Inflation, Dynamical System, Genetic Algorithm, Runge Kutta.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Salah satu hal yang paling penting bagi suatu negara adalah kebijakan ekonomi makro. Ekonomi makro memiliki tujuan untuk memahami suatu peristiwa maupun fenomena ekonomi dan juga bisa dimanfaatkan untuk memperbaiki kebijakan ekonomi kedepannya [1]. Salah satu indikator ekonomi makro yang memiliki pengaruh besar adalah tingkat suku bunga. Tingkat suku bunga suatu negara bisa mendapatkan reaksi pasar yang berbeda-

beda, seperti dapat menambah minat investasi ataupun sebaliknya. Kenaikan suku bunga bagi investor dapat dijadikan sebagai peluang untuk meningkatkan produksi ataupun menanam modal investasi.

Tingkat suku bunga bisa mejadi tolak ukur dari aktivitas perekonomian suatu negara. Hal ini tidak lepas dari pertimbangan investor untuk melakukan investasi yang melihat kondisi indikator ekonomi makro. Bagi suatu negara, tingkat suku bunga dapat dijadikan sebagai sarana untuk mendorong pertumbuhan ekonomi diantaranya untuk mencapai keseimbangan Internal dan Eksternal. Bank Indonesia memiliki kendali penuh dalam mengontrol kestabilan harga di Indonesia. Tingkat suku bunga di Indonesia dikenal dengan BI Rate. BI rate merupakan kebijakan moneter dalam mengontrol nilai mata uang, tingkat inflasi, pasar modal (perbankan), dan investasi. Apabila dalam negara memiliki kelesuan dalam perekonomian, maka Bank Indonesia dapat mengeluarkan BI Rate tersebut untuk mendorong aktivitas ekonomi lainnya.

Salah satu dampak dengan menaikkan atau menurunkan suku bunga adalah nilai tukar dapat mengalami perubahan terhadap mata uang negara lain. Mata uang negara lain yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah dolar Amerika Serikat. Hal ini karena dolar merupakan salah satu mata uang yang sering dijadikan sebagai alat tukar dalam transaksi internasional. Selanjutnya, hubungan yang dilihat dalam tugas akhir ini adalah pengaruh kebijakan moneter terhadap inflasi. Inflasi merupakan peningkatan harga secara terus-menerus atau diartikan sebagai proses menurunnya nilai mata uang secara berkelanjutan. Dalam tugas akhir ini, inflasi dijadikan sebagai salah satu indikator untuk dilihat hubungan antara ketiganya.

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah mengenai hubungan antara suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah dan inflasi dengan menggunakan model sistem dinamika, metode runge kutta serta metode algoritma genetika. Dari beberapa literatur sebelumnya, diketahui bahwa data yang digunakan terbatas dengan dua indikator ekonomi makro yaitu suku bunga Bank Indonesia dan kurs dolar terhadap rupiah. Pada tugas akhir ini, dikembangkan dengan menambahkan satu indikator makro ekonomi lainnya yaitu inflasi. Sehingga diharapkan lebih akurat untuk menggambarkan hubungan terbaik antara ketiga data.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini, adapun rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana memodelkan suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah dan inflasi menggunakan model sistem dinamika?
2. Bagaimana estimasi parameter model dengan menggunakan dataset yang didapatkan?
3. Bagaimana memprediksi suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah dan inflasi berdasarkan model yang sudah didapatkan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dataset yang digunakan merupakan dataset bulanan yaitu suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah dan inflasi, yang bersumber dari dataset Bank Indonesia dengan mengabaikan pengaruh fundamental terhadap dataset
2. Algoritma genetika digunakan pada proses pencarian parameter yang optimal dengan metode yang digunakan pada tiap komponen yaitu: proses seleksi orang tua menggunakan metode seleksi roda roulette, proses pindah silang menggunakan metode pindah silang satu titik.
3. Metode runge kutta yang digunakan adalah metode runge kutta orde empat.
4. Nilai interval yang digunakan untuk parameter model sistem dinamika adalah -1 sampai 1.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini yaitu:

1. Membuat model antara suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah dan inflasi dengan menggunakan model sistem dinamika
2. Menaksir parameter model sistem dinamika yang disesuaikan dengan data.
3. Menggunakan model untuk memprediksi tren dari suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah dan inflasi.

2. Kajian Pustaka

2.1 Suku bunga bank Indonesia

Suku bunga Bank Indonesia (*BI Rate*) adalah kebijakan yang mencerminkan sikap atau *stance* kebijakan moneter yang ditetapkan oleh Bank Indonesia dan diumumkan kepada publik [2]. *BI Rate* merupakan instrumen pengendali pertumbuhan ekonomi [3]. Suku bunga ini pada dasarnya ditetapkan oleh Bank Indonesia untuk memenuhi target inflasi yang sudah ditetapkan.

2.2 Kurs Dolar Terhadap Rupiah

Setiap negara memiliki mata uang yang menunjukkan nilai barang dan jasa. Indonesia memiliki rupiah dan Amerika Serikat memiliki dolar. Nilai tukar (*exchange rate*) merupakan harga suatu mata uang terhadap mata uang lainnya. Kurs memiliki peranan penting dalam perdagangan internasional. Hal ini dikarenakan kurs dapat membandingkan harga barang dan jasa yang dihasilkan oleh berbagai negara [5].

Kelebihan permintaan terhadap suatu mata uang akan mengakibatkan naiknya nilai mata uang bagi suatu negara. Hal ini dapat mengakibatkan turunnya mata uang lainnya. Dengan mahalnya nilai mata uang dolar Amerika Serikat terhadap rupiah, maka biaya mengimpor barang dan jasa akan lebih mahal dan menyebabkan permintaan impor akan turun. Dengan turunnya rupiah, maka barang-barang di Indonesia akan lebih murah sehingga harga barang yang diekspor juga lebih murah.

Nilai tukar suatu negara bisa mencerminkan keadaan ekonomi suatu negara. Jika kurs dolar terhadap rupiah menguat maka memberikan gambaran bahwa ekonomi Indonesia sedang baik. Hal ini juga berlaku sebaliknya, jika pelemahan mata uang suatu negara secara terus-menerus maka dapat diartikan bahwa negara tersebut sedang mengalami krisis [6].

2.3 Inflasi

Inflasi adalah proses kenaikan harga-harga umum secara terus-menerus. Akibat dari inflasi secara umum adalah menurunnya daya beli masyarakat karena secara riil tingkat pendapatannya juga menurun [7]. Sedangkan menurut Jeff Madura [8], inflasi merupakan kenaikan tingkat harga barang dan jasa secara umum dalam periode waktu tertentu. Tingkat inflasi ini diukur dari perubahan dari tingkat indeks harga konsumen. Inflasi dapat memberikan dampak bagi perekonomian suatu negara. Adapun dampak dari inflasi adalah sebagai berikut ini [9]:

1. Menurunkan tingkat pendapatan riil masyarakat suatu negara
2. Menurunkan daya beli masyarakat terhadap barang dan jasa.
3. Menurunkan daya saing akibat tingginya harga.

Pada tugas akhir ini, indikator inflasi juga dijadikan sebagai indikator untuk dicari hubungannya dengan indikator ekonomi makro lainnya.

2.4 Normalisasi data

Normalisasi Min-Max merupakan salah satu metode normalisasi dengan melakukan transformasi linear pada data asli [10]. Tujuan dari normalisasi data adalah untuk mengganti data asli ke dalam bentuk lainnya dengan skala yang sama untuk memudahkan penelitian. Adapun persamaan Normalisasi Min-Max (v) adalah sebagai berikut:

$$v = \frac{(x - x_{\min}) \cdot (x_{\max} - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} + x_{\min} \quad (2.1)$$

- v : Nilai baru data hasil normalisasi min-max
- x : Nilai data yang akan dinormalisasi
- x_{\min} : Nilai minimum dari data
- x_{\max} : Nilai maksimum dari data
- $x_{\max}^{(1)}$: Nilai maksimum yang diharapkan dari normalisasi (1)
- $x_{\min}^{(0)}$: Nilai minimum yang diharapkan dari normalisasi (0)

2.5 Sistem Dinamika

Sistem dinamika merupakan salah satu metode untuk memahami berbagai masalah yang kompleks. Metode ini mempelajari masalah dengan sudut pandang sistem dan menganalisis interaksi yang terjadi. Sehingga dapat menghasilkan suatu perilaku tertentu. Interaksi yang terjadi kemudian diterjemahkan dalam suatu model matematika. Sehingga diperoleh perilaku sistem berdasarkan data historis yang terjadi. Metode sistem dinamika

berkaitan dengan pertanyaan perilaku perubahan waktu dari sistem yang kompleks. Untuk menyelesaikan persoalan dengan metode sistem dinamika maka ada dua hal yang diperhatikan yaitu:

1. Masalah yang diselesaikan merupakan masalah yang dinamika. Artinya masalah tersebut berhubungan dengan suatu besaran yang berubah terhadap waktu. Dengan parameternya berupa deret waktu dan bisa dijadikan dalam bentuk grafik
2. Ada bentuk hubungan umpan balik, salah satu contoh bentuk dari Sistem dinamika adalah model populasi. Model populasi merupakan interaksi antara dua spesies bisa dilihat bagaimana interaksi pemangsa (*predator*) dan mangsa (*prey*). Kedua spesies tersebut hidup dalam habitat yang sama dan saling berinteraksi [11]

Pada sistem dinamika, sebab akibat menjadi dasar untuk pengembangan proses selanjutnya. Dengan dibangkitkan dari model populasi sehingga dapat diketahui pola yang baik untuk diterapkan dalam persamaan diferensial. Dengan mempertimbangkan adanya populasi yang saling mempengaruhi karena adanya kompetisi. Adapun model yang diusulkan dalam tugas akhir ini, adalah sebagai berikut [12]:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy - \gamma x^2; \frac{dy}{dt} = \delta y - \epsilon y^2 + \zeta xy; \frac{dz}{dt} = \eta z - \theta z^2 - \iota z^3 \quad (2.2)$$

dengan,

- $\frac{dx}{dt}$: Perubahan nilai suku bunga terhadap waktu
- $\frac{dy}{dt}$: Perubahan nilai kurs dolar terhadap rupiah terhadap waktu
- $\frac{dz}{dt}$: Perubahan nilai inflasi terhadap waktu

- α : Nilai suku bunga Bank Indonesia
- β : Nilai kurs dolar terhadap rupiah
- γ : Nilai inflasi
- δ : Parameter suku bunga Bank Indonesia
- ϵ : Parameter kurs dolar terhadap rupiah
- ζ : Parameter inflasi

Model sistem dinamika pada 2.2, dijadikan sebagai dasar dalam model sistem dinamika untuk dicari hubungan antara suku bunga (x), kurs dolar terhadap rupiah (y), dan inflasi(z).

2.6 Runge Kutta

Metode runge kutta orde empat merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial dengan pendekatan. Metode ini tidak melakukan perhitungan turunan, metode ini memiliki tingkat ketelitian lebih tinggi atau tingkat Galat (*Error*) yang jauh lebih kecil [13]. Metode runge kutta tidak memerlukan perhitungan turunan. Pada tugas akhir ini menggunakan tiga variabel dan bagian dari suatu sistem dengan tiga persamaan diferensial. Oleh karena itu, penyelesaian dengan metode runge kutta orde empat yang digunakan menjadi seperti berikut ini.[14]:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy - \gamma x^2 \quad (2.3)$$

$$\frac{dy}{dt} = \delta y - \epsilon y^2 + \zeta xy \quad (2.4)$$

$$\frac{dz}{dt} = \eta z - \theta z^2 - \iota z^3 \quad (2.5)$$

dengan :

$$\begin{aligned} x_1 &= x_0 + h f_1(t_0, x_0, y_0, z_0) \\ y_1 &= y_0 + h f_2(t_0, x_0, y_0, z_0) \\ z_1 &= z_0 + h f_3(t_0, x_0, y_0, z_0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + \frac{1}{2}h (k_1 + k_2), \quad y_2 = y_1 + \frac{1}{2}h (l_1 + l_2), \quad z_2 = z_1 + \frac{1}{2}h (m_1 + m_2) \\ x_3 &= x_2 + \frac{1}{3}h (k_1 + 4k_2 + k_3), \quad y_3 = y_2 + \frac{1}{3}h (l_1 + 4l_2 + l_3), \quad z_3 = z_2 + \frac{1}{3}h (m_1 + 4m_2 + m_3) \\ x_4 &= x_3 + \frac{1}{6}h (k_1 + 4k_2 + 8k_3 + k_4), \quad y_4 = y_3 + \frac{1}{6}h (l_1 + 4l_2 + 8l_3 + l_4), \quad z_4 = z_3 + \frac{1}{6}h (m_1 + 4m_2 + 8m_3 + m_4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi &= \phi(x_0 + \frac{1}{2}h, y_0 + \frac{1}{2}h) + \phi(x_0 + \frac{1}{2}h, y_0 - \frac{1}{2}h) + \phi(x_0 - \frac{1}{2}h, y_0 + \frac{1}{2}h) + \phi(x_0 - \frac{1}{2}h, y_0 - \frac{1}{2}h) \\
 \phi &= h(\phi(x_0 + \frac{1}{2}h, y_0 + \frac{1}{2}h) + \phi(x_0 + \frac{1}{2}h, y_0 - \frac{1}{2}h) + \phi(x_0 - \frac{1}{2}h, y_0 + \frac{1}{2}h) + \phi(x_0 - \frac{1}{2}h, y_0 - \frac{1}{2}h)) \\
 \phi &= \phi(x_0 + h, y_0 + h) + \phi(x_0 + h, y_0 - h) + \phi(x_0 - h, y_0 + h) + \phi(x_0 - h, y_0 - h)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{d}{dt} \left(\frac{dz}{dt} + h \frac{d^2z}{dt^2} + h^2 \frac{d^3z}{dt^3} + h^3 \frac{d^4z}{dt^4} + h^4 \frac{d^5z}{dt^5} \right) \\
 \frac{d^2z}{dt^2} &= h \left(\frac{d^2z}{dt^2} + h \frac{d^3z}{dt^3} + h^2 \frac{d^4z}{dt^4} + h^3 \frac{d^5z}{dt^5} + h^4 \frac{d^6z}{dt^6} \right) \\
 \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{1}{h} \left(\frac{dz}{dt} + 2h \frac{d^2z}{dt^2} + 2h^2 \frac{d^3z}{dt^3} + h^3 \frac{d^4z}{dt^4} \right) \\
 \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{1}{h} \left(\frac{dz}{dt} + 2h \frac{d^2z}{dt^2} + 2h^2 \frac{d^3z}{dt^3} + h^3 \frac{d^4z}{dt^4} \right) \\
 \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{1}{h} \left(\frac{dz}{dt} + 2h \frac{d^2z}{dt^2} + 2h^2 \frac{d^3z}{dt^3} + h^3 \frac{d^4z}{dt^4} \right)
 \end{aligned}$$

Adapun solusi akhir dari persamaan runge kutta adalah sebagai berikut :

$$z_{i+1} = z_i + h \frac{dz}{dt} \tag{2.6}$$

$$\frac{dz}{dt}_{i+1} = \frac{dz}{dt}_i + h \frac{d^2z}{dt^2} \tag{2.7}$$

$$\frac{d^2z}{dt^2}_{i+1} = \frac{d^2z}{dt^2}_i + h \frac{d^3z}{dt^3} \tag{2.8}$$

dengan :

- $z_0, \frac{dz}{dt}_0, \frac{d^2z}{dt^2}_0$: Inisiasi x,y,z sebagai Nilai Awal
- n : Jumlah langkah (n =N, 2N, 3N, 4N, 5N dengan N=Jumlah data)
- t : Waktu
- h : Ukuran langkah yang digunakan
- $\frac{dz}{dt}_{max}$: t maksimum
- $\frac{dz}{dt}_{min}$: t minimum

$$h = \frac{t_f - t_0}{n}$$

2.7 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan algoritma komputasi untuk mencari solusi permasalahan dengan cara alamiah yang terinspirasi dari proses evolusi. Algoritma genetika ini pertama kali dikembangkan oleh Jonh Hollan dari Universitas Michigan pada tahun 1975. Ada satu hal menarik yang disampaikan oleh John Hollan yaitu setiap masalah yang berbentuk adaptasi dapat diformulasikan dengan menggunakan algoritma genetika[15]. Algoritma Genetika memiliki tujuh komponen yang masing-masing komponen memiliki perbedaan. Setiap komponen memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing tergantung kasus yang akan diselesaikan. Adapun komponen tersebut diantaranya [16]:

2.7.1 Skema Pengkodean

Skema pengkodean merupakan tahap awal dalam algoritma genetika. Pada tahap ini suatu masalah akan dibuat kedalam beberapa bentuk pengkodean awal untuk menyatakan gen dari kromosom. Beberapa bentuk pengkodean yang merepresentasikan gen dan kromosom. Adapun yang dilakukan dalam tahap ini diantaranya [15] :

- 1. Bilang Biner : 11110,01011,01110,11011, dan seterusnya.
- 2. Bilang Real : 0.022, -0.282, 0.423, -0.121 dan seterusnya.
- 3. Elemen Permutasi : A1,A2,A8,A9 dan seterusnya.
- 4. Struktur lainnya

2.7.2 Nilai Fitness

Nilai fitness merupakan nilai yang dihasilkan dari fungsi tertentu untuk melihat tingkat performansinya, serta menilai kualitas dari setiap gen dan kromosom yang sudah dibangun.

2.7.3 Seleksi

Seleksi merupakan tahap untuk menentukan individu yang akan dilakukan proses rekombinasi berdasarkan nilai fitness yang didapatkan. Pada tahap ini individu-individu yang mempunyai nilai fitness yang tinggi akan dipilih sebagai orang tua. Untuk selanjutnya dilakukan proses pindah silang atau rekombinasi. Pada tahap ini ada beberapa metode seleksi yang digunakan, dan yang paling umum digunakan adalah metode seleksi menggunakan seleksi Roda Roulette (Roulette Wheel Selection). Pada metode ini, proses yang dilakukan adalah pengurutan fitness terbesar menjadi fitness yang terkecil, ataupun menyesuaikan dengan masalah yang akan diselesaikan.

2.7.4 Pindah Silang (Rekombinasi)

Pindah silang merupakan proses penukaran atas 2 kromosom untuk menghasilkan kromosom anak. Posisi penyilangan dilakukan dengan bilangan acak yang sudah dibangun, misal:

Tabel 2.1 Sebelum Pindah Silang

V1	0.51	0.22	0.42	0.55	0.11
----	------	------	------	------	------

V2	0.22	0.24	0.54	0.23	0.15
----	------	------	------	------	------

Jika titik potong yang terpilih adalah 2 secara acak, maka kromosom anaknya adalah sebagai berikut ini :

Tabel 2.1 Hasil Pindah Silang

V1'	0.51	0.22	0.54	0.23	0.15
V2'	0.22	0.24	0.42	0.55	0.11

2.7.5 Mutasi

Mutasi merupakan proses dalam algoritma genetika yang memiliki tujuan untuk mengganti gen-gen dari suatu kromosom[17]. Peluang mutasi (P_m) yang menunjukkan prosentasi jumlah gen pada populasi dibangkitkan bilangan random yang dipilih untuk dimutasi selanjutnya.

2.7.6 Elitisme

Elitisme merupakan prosedur untuk menjaga agar individu yang bernilai tinggi akan tetap ada selama proses evolusi.

2.7.7 Penggantian Populasi

Komponen penggantian populasi ini bertujuan untuk pergantian terhadap generasi hasil pindah silang dan mutasi. Semua individu dari suatu generasi akan digantikan oleh individu pada generasi berikutnya. Dalam hal ini, individu yang terbaik akan disimpan melalui proses pada elitisme, sehingga terus berlanjut pada sampai kriteria pemberhentian terpenuhi.

2.7.8 Syarat Berhenti

Pemilihan syarat berhenti tergantung dari permasalahan yang digunakan, pada umumnya syarat berhenti yang digunakan adalah banyaknya generasi. Namun tidak menutup kemungkinan ada kombinasi lainnya untuk syarat berhenti. Beberapa syarat yang digunakan adalah batas nilai fungsi fitness, batas nilai fungsi objektif, waktu komputasi, banyak generasi dan terjadinya konvergensi [17]

2.8 Root Mean Square Error

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan salah satu cara untuk mengukur tingkat galat suatu model. Adapun perhitungan terhadap RMSE dapat menggunakan model seperti berikut ini :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - y_i)^2}{N}} \tag{2.9}$$

dengan:

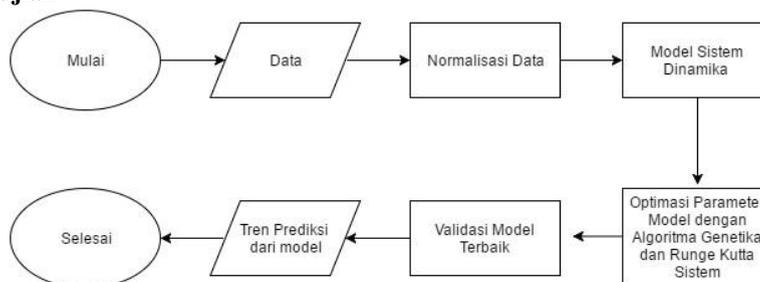
- \hat{y}_i : Data Asli ke-i
- y_i : Data prediksi ke-i
- N : Jumlah Data

3 Metodologi dan Desain Sistem

3.1 Deskripsi Sistem

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, dilakukan perancangan sebuah sistem dengan menggunakan model sistem dinamika. Sistem dinamika akan digunakan untuk menganalisis hubungan antara suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah dan inflasi.

3.2 Skenario Pengujian

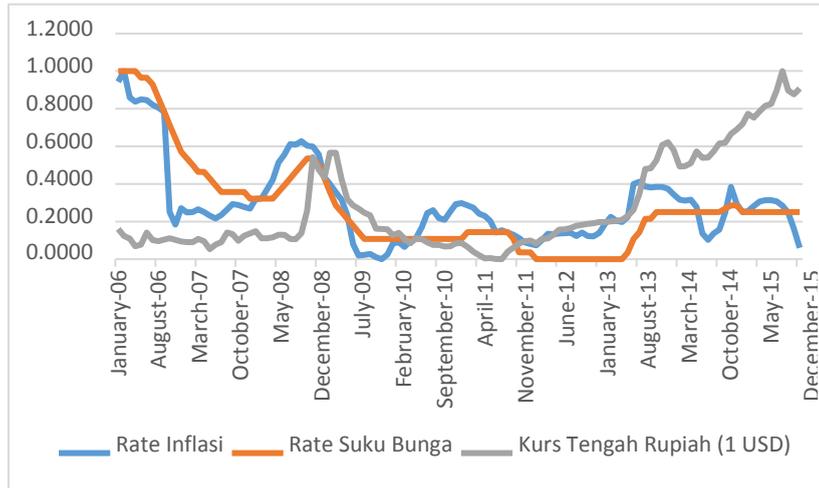


Gambar 3.1 Diagram Rancangan Umum Sistem

1. Mengumpulkan Data

Data yang dikumpulkan adalah data yang berhubungan langsung dengan topik pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu tingkat suku bunga Bank Indonesia dan inflasi yang diperoleh dari laman resmi Bank Indonesia. Data tersebut didapatkan dari laman resmi Bank Indonesia, yaitu sebanyak 120 jumlah data bulanan dari Januari 2006 sampai Desember 2015.

2. Normalisasi Data



Gambar 3.2 Data Normalisasi Gabungan

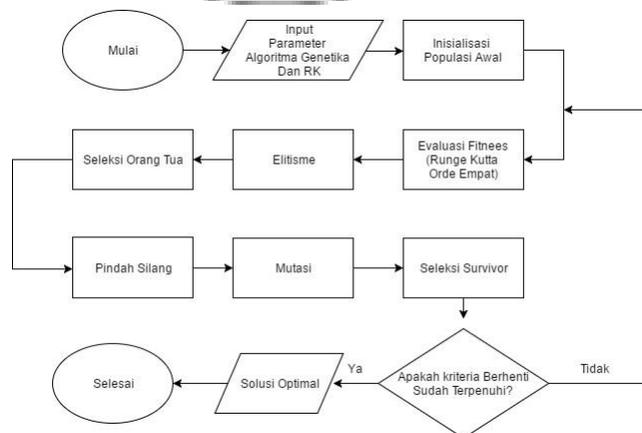
Data normalisasi gabungan pada Gambar 3.2 merupakan gabungan normalisasi data tingkat suku bunga, kurs dolar terhadap rupiah, dan inflasi. Diketahui bahwa pergerakan cenderung sama pada tahun 2008 yang memiliki pergerakan yang sama. Setelah tahun 2013 pergerakan dari ketiga data tersebut cenderung berbeda.

3. Membuat Model Sistem Dinamika

Pada tahap ini model yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah model sistem dinamika. Hal ini dipertimbangkan karena model populasi bisa melihat interaksi antara dua spesies yang saling mempengaruhi satu sama lain.

4. Optimasi Nilai Parameter Model

Untuk mengetahui parameter yang tidak diketahui dari model, pada tahap ini, parameter dicari dengan menggunakan model algoritma genetika dan runge kutta orde empat. Adapun alur pengolahan datanya adalah sebagai berikut ini:



Gambar 3.3 Diagram Alur Pencarian Parameter Dengan Algoritma Genetika dan Runge Kutta Empat

Adapun penjelasan dari alur pencarian parameter model dengan algoritma genetika dan runge kutta orde empat adalah sebagai berikut ini :

1. Input Parameter Algoritma Genetika dan Runge Kutta.

Parameter merupakan bagian penting dari algoritma genetika, tidak ada aturan yang pasti dalam menentukan parameter algoritma genetika. Baik ukuran populasi, peluang penyilangan (P_c), peluang mutasi (P_m), maupun ukuran generasi. Hal ini dikarenakan algoritma genetika mengandalkan bilangan acak pada beberapa langkah yang dibangun bisa dari pembentukan populasi awal, proses penyilangan maupun mutasi [17]. Adapun parameter runge kutta yang digunakan adalah nilai awal, ukuran langkah, jumlah langkah, ukuran t yang digunakan dengan t maksimum dan t minimum.

2. Inisialisasi Populasi Awal.

Inisialisasi awal dilakukan dengan representasi bilangan real, artinya setiap individu yang dibangun berupa bilangan acak dengan range $[-1,1]$. Range tersebut merupakan bilangan untuk memperkecil cakupan dari pencarian dengan menggunakan algoritma genetika dan juga dikarenakan data sudah dinormalisasi yaitu antara $[0,1]$. Dalam tugas akhir ini ukuran populasi yang digunakan adalah 100 individu. Ukuran populasi yang digunakan sebaiknya antara 50 sampai 500 Individu [17].

3. Evaluasi Fitness.

Evaluasi fitness menggunakan algoritma genetika dan runge kutta orde empat berdasarkan individu bilangan real yang dibangkitkan secara acak sebelumnya, fungsi fitness yang dibangun dengan persamaan kuadrat terkecil yaitu :

$$F_{\text{fitness}} = \sum_{i=0}^n (X_i - Y_i)^2 + (X_i - Z_i)^2 + (X_i - W_i)^2$$

dengan

X_i : Nilai suku bunga dari model.

Y_i : Nilai kurs dolar terhadap rupiah dari model.

Z_i : Nilai inflasi dari model.

W_i : Data asli suku bunga.

X_i : Data asli kurs dolar terhadap rupiah dari model.

Z_i : Data asli inflasi dari model.

4. Elitisme.

Elitisme merupakan proses untuk menjaga individu terbaik agar tetap ada pada proses generasi selanjutnya, dengan menggunakan nilai fitness yang paling baik.

5. Seleksi Orang Tua.

Proses ini bertujuan untuk memilih orang tua dengan menggunakan roulette wheel. Proses ini akan memilih individu-individu yang memiliki nilai fitness yang tinggi yang akan dipilih sebagai orang tua.

6. Pindah Silang.

Pindah silang dalam hal ini bertujuan untuk menghasilkan individu baru. Individu baru dipilih secara acak untuk dilakukan pindah silang, peluang pindah silang yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah (P_c) = 0.8.

7. Mutasi.

Mutasi yang dilakukan adalah mutasi terhadap gen, adapun peluang mutasi yang digunakan adalah (P_m) = 0.001.

8. Penggantian Populasi (Seleksi Survivor)

Pada tahap ini populasi akan terus diganti dengan populasi baru yang memiliki nilai fitness yang lebih baik. Sehingga akan terus bergantian sampai dengan jumlah generasi (*Stopping Criteria*) terpenuhi.

9. Validasi Model.

Model yang sudah didapatkan akan disesuaikan dengan data asli yang diperoleh untuk melakukan proses validasi menggunakan Root Mean Square Error (RMSE). Sehingga model tersebut dapat diketahui tingkat kevalidannya.

10. Tren Prediksi Dengan Model.

Jika sudah didapatkan model yang valid, maka model tersebut akan digunakan untuk memprediksi tren nilai suku bunga, indeks dolar terhadap rupiah dan inflasi. Sehingga bisa diketahui nilainya untuk beberapa 5 tahun selanjutnya.

4. Pengujian dan Analisis

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap model sistem dinamika yang sudah dibangun sebelumnya. Model dicari parameter terbaik dengan menggunakan algoritma genetika dan runge kutta orde empat. Model

sistem dinamika yang sudah didapatkan parameternya, dilakukan pencarian terhadap Root Mean Square Error (RMSE) dari model, sehingga diketahui model terbaik untuk prediksi tren.

Tabel 4.1 Parameter terbaik dari pengujian terhadap 5 skenario

$\alpha_1 = -0.879835163$	$\alpha_2 = 0.755525441$	$\alpha_3 = -0.395116051$
$\alpha_4 = 0.735014033$	$\alpha_5 = 0.111763653$	$\alpha_6 = -0.526371591$
$\alpha_7 = -0.008827797$	$\alpha_8 = 0.307289828$	$\alpha_9 = -0.250776846$

dengan :

- α_1 : Tingkat Penurunan Suku Bunga Bank Indonesia
- α_2 : Tingkat Kenaikan Kurs Dolar terhadap Rupiah
- α_3 : Tingkat Penurunan Inflasi
- α_4 : Tingkat Kenaikan Suku Bunga Bank Indonesia
- α_5 : Tingkat Kenaikan Kurs Dolar terhadap Rupiah
- α_6 : Tingkat Penurunan Inflasi
- α_7 : Tingkat Penurunan Suku Bunga Bank Indonesia
- α_8 : Tingkat Kenaikan Kurs Dolar terhadap Rupiah
- α_9 : Tingkat Penurunan Inflasi

Model terbaik didapatkan melalui pengujian data yang menggunakan skenario 1 dengan parameter yang ditunjukkan dari Tabel 4.1 yaitu menggunakan ukuran langkah $h = 0.042017$. Pengujian juga didukung dan dibuktikan dengan hasil dari RMSE terbaik, RMSE didapatkan dengan menggunakan pengujian data prediksi dengan data asli. Berikut ini merupakan perbandingan tingkat galat (*error*) yang didapatkan melalui pengujian terhadap 5 skenario:

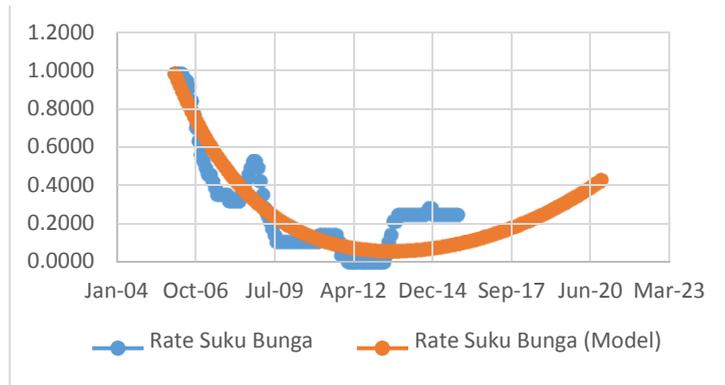
Tabel 4.2 Perbandingan RMSE Setiap Skenario

Skenario	Ukuran langkah (h)	Rate Suku Bunga	Kurs Dolar Terhadap Rupiah	Inflasi	Rata-Rata RMSE
Skenario 1	0.042017	0.11017	0.14156	0.20641	0.152714255
Skenario 2	0.021008	0.12547	0.16609	0.20809	0.166549493
Skenario 3	0.014006	0.20485	0.17212	0.18647	0.187814348
Skenario 4	0.010504	0.22665	0.18461	0.20757	0.206276968
Skenario 5	0.008403	0.23619	0.20696	0.25600	0.233052347

Tabel 4.3 Perbandingan Fitness Setiap Skenario

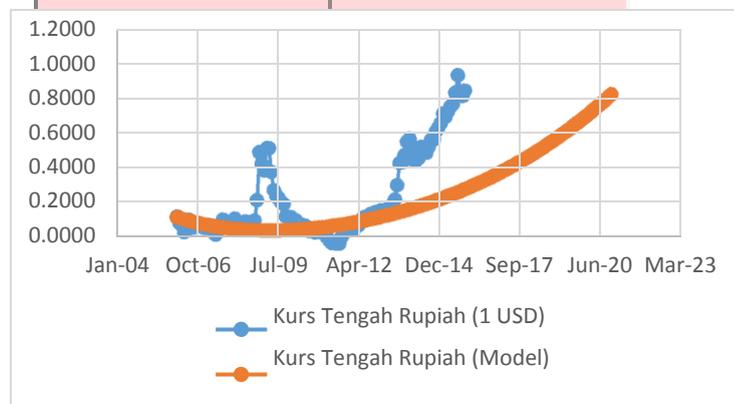
Skenario	Fitness
1	8.973924238
2	10.395514409
3	12.763319573
4	15.424414996
5	14.622987895

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 5 skenario yang sudah dilakukan, diketahui bahwa skenario 1 secara keseluruhan memberikan tingkat galat yang paling kecil yaitu rate suku bunga 11%, kurs dolar terhadap rupiah 14.1%, inflasi sebanyak 20.6%. Dengan rata-rata tingkat galatnya sebesar 15.27% dan fitness dari skenario 1 juga menghasilkan fitness terbaik yaitu 8.97 dibandingkan dengan hasil skenario lainnya. Dari Tabel 4.2 juga diketahui bahwa semakin besar ukuran langkah yang digunakan maka semakin kecil tingkat galat yang dihasilkan. Dari hasil pengujian skenario tersebut dilakukan prediksi dalam periode menengah yaitu 5 tahun. Adapun hasil prediksi yang didapatkan adalah berikut ini :



Gambar 4.1 Rate Suku Bunga Prediksi Dengan Model

Pada Gambar 4.1 pergerakan suku bunga menghasilkan tingkat galat RMSE paling kecil berdasarkan data yaitu 11%. Sehingga perubahan data yang terjadi, dapat digambarkan dengan baik oleh model, secara umum terlihat mulai tahun 2016 sampai dengan tahun 2020 prediksi tren yang terjadi adalah cenderung mengalami kenaikan.



Gambar 4.2 Prediksi Kurs Dolar Terhadap Rupiah Dengan Model

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa pergerakan yang cukup tajam kurs dolar terhadap rupiah terjadi pada tahun 2008. Pada tahun tersebut diketahui adanya pengaruh fundamental terhadap data yaitu krisis moneter yang mengakibatkan pergerakan naik dan turun secara cepat. Berdasarkan model yang didapatkan diketahui bahwa pergerakan tren dapat digambarkan dengan baik oleh yaitu cenderung mengalami kenaikan.



Gambar 4.3 Prediksi Rate Inflasi Dengan Model

Berdasarkan Gambar 4.3 terlihat bahwa pergerakan yang cukup fluktuatif dari rate yang terjadi pada tahun 2006. Pergerakan yang tidak wajar tersebut diakibatkan oleh adanya pengaruh fundamental yang terjadi. Pergerakan yang terjadi antara tahun 2006 sampai 2015 cukup digambarkan dengan baik oleh model yaitu tren mengalami penurunan. Dari prediksi dengan menggunakan parameter yang sudah didapatkan dari skenario 1, dapat diketahui bahwa tren 5 tahun kedepan, estimasi tren untuk suku bunga Bank Indonesia cenderung mengalami kenaikan, kurs dolar terhadap rupiah juga mengalami kenaikan, sementara inflasi cenderung menurun.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari tugas akhir yang dilakukan adalah sebagai berikut ini :

1. Model sistem dinamika yang dibangun bisa memberikan gambaran hubungan antara tingkat suku bunga Bank Indonesia, kurs dolar terhadap rupiah, dan inflasi. Hal ini ditunjukkan oleh pergerakan data asli dengan data model yang sudah dibangun memiliki pergerakan tren yang sama, dengan tingkat galat (*error*) menggunakan Root Mean Square Error (*RMSE*) rata-rata sebesar 15.2%. Dimana tingkat galat (*error*) suku bunga yaitu 11.7%, kurs dolar terhadap rupiah 14.1% dan inflasi 20.6%. Model yang dihasilkan juga didukung dengan fitness terbaik berdasarkan 5 skenario yang digunakan yaitu 9.6 yang dihasilkan dari skenario ketiga.
2. Model sistem dinamika dengan estimasi parameter menggunakan algoritma genetika dan runge kutta orde empat bisa melihat tren untuk jangka menengah yaitu 5 tahun kedepan. Pergerakan yang terjadi pada model akan menyesuaikan dengan data secara menyeluruh, artinya model akan bergerak berdasarkan kecenderungan data secara umum. Pergerakan dalam 5 tahun kedepan mengabaikan pengaruh fundamental terhadap kondisi yang tidak terduga dari suatu negara seperti negara akan bangkrut, perang ataupun kondisi fundamental lainnya.
3. Prediksi tren yang dihasilkan dapat diketahui bahwa tren untuk tahun 2016 sampai 2020, untuk tingkat suku bunga, tren cenderung mengalami kenaikan, tren untuk kurs dolar terhadap rupiah juga mengalami kenaikan, sedangkan tren inflasi cenderung menurun. Dengan demikian, diketahui bahwa tren tingkat suku dengan pergerakan kurs dolar terhadap rupiah memiliki pergerakan yang sama yaitu mengalami kenaikan, sementara inflasi bisa mengalami penurunan.

5.2 Saran

Adapun saran dari tugas akhir ini adalah :

1. Model ini perlu dicoba lagi dengan komputasi kinerja tinggi, Hal ini dikarenakan semakin banyak generasi yang dibangun maka semakin baik model yang dihasilkan dan komputasi kinerja tinggi akan mempercepat proses komputasinya
2. Penambahan variabel lainnya terhadap model, akan memberikan model yang lebih baik untuk menggambarkan kondisi ekonomi khususnya Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Putong Iskandar "Pengantar Ekonomi Makro" Bogor : Mitra Wacana Media, 2010.
- [2] Bank Indonesia. 2016. Penjelasan BI rate sebagai suk bunga acuan (Online) (<http://www.bi.go.id/id/moneter/bi-rate/penjelasan/Contents/Default.aspx>)
- [3] Liembono, RH "Analisis Fundamental 2" Surabaya : PT Menuju Insan Cemerlang, 2016.
- [4] Widoatmodjo, Sawidji " Cara Benar Mencapai Puncak Kemakmuran Finansial" Jakarta: PT Elex Media Komputindo, 2007.
- [5] Arifin, Immanuel, Hadi W, Giana " Membuka Cakrawala Ekonomi" Bandung : PT Setia Purna, 2007.
- [6] Alam, S "Ekonomi SMA dan MA kelas X" Indonesia : Esis, 2006.
- [7] Idris, Amiruddin "Ekonomi Publik" Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- [8] Madura, Jeff "Pengantar Bisnis Edisi Keempat" Jakarta : Salembat Empat, 2007.
- [9] Ahman, Eeng; Ahmad Badri, Diding "Membina Kompetisi Ekonomi untuk SMA/MA" Bandung : Grafindo Media Pratama, 2007.
- [10] Han, Jiawei; Pei Jian, Kamber Michelin "Data Mining, Southeast Asia Edition" San Francisco : Elsevier Inc: 2006.

[11] de Roos, Andre M. "Modeling Population Dynamics", Netherlands : University of Amsterdam, 2014.

[12] G. Zill, Dennis "A First Course In Differential Equations with Modelling Application" Canada: Cengage Learning, 2009.

[13] Munir, Rinaldi "Metode Numerik" Bandung: Informatika, 2003.

[14] Butt, Rizwan. " Introduction to numerical analysis using MATLAB" Massachusetts: Jones And Bartlett Publishers, 2010.

[15] Kusmadewi, Sri"Artificial Intelligenci (Teknik dan Aplikasinya), Yogyakarta:Graha Ilmu, 2003.

[16] Suyanto"Algoritma Genetika Dalam Matlab" Yogyakarta: C.V Andi Offset, 2005.

[17] Zuhri, Zainudin" Algoritma Genetika : Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi" Yogyakarta: Penerbit Andi, 2014.

