

PENGGUNAAN ALGORITMA GENETIK UNTUK Mencari PARAMETER RUMUS EMPI 17 INDIKATOR

Felix Gunawan¹, Nur Ulfa Maulidevi²

¹Program Studi Teknik Informatika STEI ITB, Bandung 40132, e-mail: flx_gunawan@yahoo.co.id

²Program Studi Teknik Informatika STEI ITB, Bandung 40132, e-mail: ulfa@informatika.org

ABSTRAKSI

Sebuah sistem yang dapat mendeteksi krisis ekonomi dan keuangan secara lebih awal merupakan salah satu kebutuhan yang berkembang, khususnya sejak terjadinya krisis mata uang yang menghantam kawasan Asia sejak 1997. Diharapkan dengan adanya sistem tersebut, maka krisis ekonomi atau keuangan dapat diantisipasi sedini mungkin. Saat ini banyak terdapat pendekatan atau model yang dapat digunakan untuk membuat sistem tersebut. Makalah ini menyajikan bagaimana model algoritma genetik (genetic algorithm) mencari parameter dari rumus EMPI (Exchange Market Pressure Index) yang dapat digunakan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya krisis mata uang dalam suatu horison peringatan tertentu ke depan. Model ini menggunakan sampel data antara Juli 1997 hingga Desember 2004.

Kata kunci: krisis ekonomi dan keuangan, algoritma genetik, rumus EMPI.

1. PENDAHULUAN

Semenjak krisis mata uang yang menghantam kawasan Asia pada tahun 1997, dirasakan adanya kebutuhan untuk memiliki sistem yang dapat mendeteksi krisis ekonomi dan keuangan secara lebih awal. Diharapkan dengan adanya sistem tersebut, maka pemerintah dapat mengambil kebijakan yang diperlukan untuk mengantisipasi krisis tersebut. Dalam membuat sistem tersebut, banyak pendekatan atau model yang dapat digunakan. Salah satunya adalah menggunakan model algoritma genetik untuk mencari parameter dari rumus EMPI yang dapat memprediksi kemungkinan terjadinya krisis mata uang.

Berdasarkan *Regional Monitoring Economic Unit* dari Asian Development Bank [9], terdapat empat pendekatan yang dapat digunakan untuk membuat sistem peringatan dini krisis ekonomi dan keuangan. Keempat pendekatan tersebut adalah pendekatan indikator makroprudensial (*macroprudential indicator*), model non-parametrik (*nonparametric model*), model parametrik (*parametric model*) dan pendekatan *leading indicator* dari siklus bisnis (*leading indicator of business cycle*). Dalam [10] dijelaskan, pendekatan pertama merupakan pendekatan yang bersifat lebih kualitatif yang bertujuan untuk menilai kesehatan dan kestabilan sistem keuangan. Tiga pendekatan yang lain merupakan pendekatan yang bersifat kuantitatif yang menggunakan teknik-teknik statistik. Model non-parametrik dan parametrik bertujuan untuk memprediksi kemungkinan krisis sebelum krisis itu terjadi dalam suatu horison peringatan tertentu. Pendekatan keempat bertujuan untuk memprediksi titik-titik balik (*turning point*) dari siklus bisnis. Kajian terhadap pendekatan dalam sistem peringatan dini ini juga terdapat dalam literatur lainnya seperti dalam Abiad [1].

Salah satu metode dari pendekatan parametrik dalam mendeteksi krisis mata uang adalah metode

yang menggunakan rumus EMPI. Walaupun secara konvensional rumus EMPI cukup sering digunakan untuk mendeteksi krisis mata uang, namun rumus ini masih jauh dari sempurna. Ketidak sempurnaan ini diakibatkan oleh perubahan dalam ekonomi yang terlalu pesat sehingga tidak dapat diantisipasi oleh rumus EMPI tradisional. Dalam makalah ini, disajikan bagaimana model algoritma genetik dapat menyesuaikan parameter-parameter yang terdapat rumus EMPI, khususnya rumus EMPI 17 parameter yang telah disesuaikan dengan kondisi Indonesia [11].

Organisasi makalah ini terdiri atas empat bagian. Bagian pertama berisi pendahuluan dan latar belakang penelitian ini, diikuti oleh penjelasan mengenai EMPI untuk memberikan prediksi terjadinya krisis mata uang. Bagian 3 berisi pemanfaatan algoritma genetik untuk menentukan parameter rumus EMPI, dan diakhiri dengan hasil dan pembahasan yang diulas pada bagian 4.

2. EMPI

Menurut Kaminsky [6], suatu krisis didefinisikan sebagai suatu situasi serangan terhadap mata uang (*currency*) yang mengakibatkan suatu depresiasi yang tajam terhadap mata uang, penurunan yang besar terhadap cadangan devisa (*international reserves*), atau kombinasi dari keduanya.

Berdasarkan Heun dan Schlink [4], terdapat dua besaran dasar dari krisis, yaitu *exchange rate* dan *international reserves*. Kedua besaran ini dapat dirumuskan menjadi suatu rumus yang dinamakan EMPI (*Exchange Market Pressure Index*).

Rumus EMPI menurut Heun dan Schlink:

$$EMPI_t = \Delta E_t - \frac{\sigma_{\Delta E}}{\sigma_{\Delta R}} \Delta R_t \quad (1)$$

$$\Delta E_t = \frac{E_t - E_{t-1}}{E_{t-1}} \quad (2)$$

$$\Delta R_t = \frac{R_t - R_{t-1}}{R_{t-1}} \quad (3)$$

Penjelasan setiap notasi adalah sebagai berikut:

- E_t : *exchange rate* pada periode t
- R_t : international reserves pada periode t
- ΔE_t : perubahan relatif *exchange rate* pada periode t terhadap satu periode sebelumnya
- ΔR_t : perubahan relatif *international reserves* pada periode t terhadap satu periode sebelumnya
- $\sigma_{\Delta E}$: simpangan baku dari perubahan relatif *exchange rate*
- $\sigma_{\Delta R}$: simpangan baku dari perubahan relatif *international reserves*

Suatu krisis pada periode t dikatakan terjadi apabila EMPI pada periode tersebut lebih tinggi dari rataan EMPI plus standar deviasi (m) dikali dengan simpangan bakunya. Dengan demikian, krisis pada periode t merupakan suatu variabel biner yang bernilai 0 atau 1 yang secara matematis dirumuskan berdasarkan rumus (4). Rumus ini dapat dipahami lebih lengkap lagi pada Heun[4] halaman ke 19.

$$C_t = \begin{cases} 1, & EMPI_t > \mu_{EMPI} + m\sigma_{EMPI} \\ 0, & EMPI_t \leq \mu_{EMPI} + m\sigma_{EMPI} \end{cases} \quad (4)$$

Park menambahkan sebuah komponen lain pada rumus (1) yaitu komponen inflasi. Park juga mengubah bentuk rumus EMPI. Penambahan komponen tersebut menjadikan EMPI sebagai rumus sebagai berikut:

$$EMPI_t = \frac{1}{\sigma_{\Delta E}} \Delta E_t + \frac{1}{\sigma_{\Delta I}} \Delta I_t - \frac{1}{\sigma_{\Delta R}} \Delta R_t \quad (5)$$

Penjelasan tentang besaran I_t , ΔI_t , $\sigma_{\Delta I}$ adalah sebagai berikut ini:

- I_t : *inflation rate* pada periode t
- ΔI_t : perubahan relatif *inflation rate* pada periode t terhadap satu periode sebelumnya yang dinyatakan dengan rumus:

$$\Delta I_t = \frac{I_t - I_{t-1}}{I_{t-1}} \quad (6)$$

- $\sigma_{\Delta I}$: simpangan baku dari perubahan relatif *inflation rate*

Kaminsky [5] menambahkan sepuluh indikator lain, yaitu *capital account*, *debt profile*, *current account*, *international variables*, *financial liberalization*, *other financial variables*, *real sector*,

fiscal variables, *institutional/structural factors*, dan *political variables*. Suprayogi [9], mengembangkan kesepuluh indikator tersebut menjadi tujuh belas indikator krisis yang terbagi atas lima kategori indikator, yaitu *current account indicator*, *capital account*, *financial sector indicators*, *real sector indicators*, dan *global economy indicators*. Ketujuh belas indikator tersebut antara lain *Real Exchange Rate*, *Export*, *Term of Trade*, *Import*, *International reserves*, *M2 / International reserves*, *Banks' foreign liabilities / Foreign assets*, *Residents / Foreign reserve*, *M2 money multipliers*, *Domestic interest rates*, *Lending rate*, *Domestic credit/GDP*, *Bank deposit*, *Stock prices*, *World oil price*, *US interest rate*, *US/Yen RER*.

Berikut ini adalah rumus dari Suprayogi:

$$EMPI = v_1 \cdot i_1 + v_2 \cdot i_2 + v_3 \cdot i_3 + v_4 \cdot i_4 + v_5 \cdot i_5 + v_6 \cdot i_6 + v_7 \cdot i_7 + v_8 \cdot i_8 + v_9 \cdot i_9 + v_{10} \cdot i_{10} + v_{11} \cdot i_{11} + v_{12} \cdot i_{12} + v_{13} \cdot i_{13} + v_{14} \cdot i_{14} + v_{15} \cdot i_{15} + v_{16} \cdot i_{16} + v_{17} \cdot i_{17} \quad (7)$$

Dengan penjelasan sebagai berikut:

- i : nilai indikator pada suatu perioda tertentu
- v : nilai variabel yang akan dikalikan dengan indikator tersebut

Kemungkinan nilai variabel yang akan dikalikan dengan indikator dapat dilihat pada tabel 1. Sedangkan kemungkinan nilai indikator pada suatu perioda tertentu dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Kemungkinan Variabel v dan Padanannya dalam Algoritma Genetik

No.	Kemungkinan Rumus Untuk v	Padanan Dalam Algoritma Genetik
1.	1	00
2.	$(n-1)/\sqrt{((\sum(x_i - \bar{x}))^2)}$	01
3.	$(n-1)/\sqrt{(\sum((x_i - \bar{x})^2))}$	10
4.	0	11

Tabel 2. Kemungkinan Indikator i dan Padanannya dalam Algoritma Genetik

No.	Kemungkinan Rumus Untuk i	Padanan Dalam Algoritma Genetik
1.	$(I_t - I_{t-2}) / I_t$	000
2.	$(I_t - I_{t-1}) / I_t$	001
3.	$(I_t - I_{t-1}) / I_{t-1}$	010
4.	$(I_t - I_{t-2}) / I_{t-1}$	011
5.	$(I_{t-1} - I_t) / I_t$	100
6.	$(I_{t-1} - I_t) / I_{t-1}$	101
7.	$(I_{t-2} - I_t) / I_t$	110
8.	$(I_{t-2} - I_t) / I_{t-2}$	111

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah menghasilkan kombinasi rumus untuk tiap nilai i dan v , dan hasil tersebut akan dipakai untuk menghasilkan nilai EMPI. Dalam penelitian ini, proses pencarian kombinasi terbaik memanfaatkan

algoritma genetik. Dalam hal ini istilah yang digunakan adalah menghasilkan kromosom terbaik.

Nilai EMPI yang dihasilkan oleh sistem akan dibandingkan dengan nilai EMPI yang diharapkan. Perbandingan ini akan direpresentasikan dalam H. Semakin kecil nilai H yang dihasilkan berarti semakin baik, karena ini membuktikan bahwa semakin kecil juga selisih antara nilai EMPI yang dihasilkan dengan nilai EMPI yang diharapkan. Setelah menemukan nilai H dari kromosom terbaik yang pencariannya menggunakan algoritma genetik, sistem akan membandingkan nilai H tersebut dengan nilai H lainnya yang didapat dari jaringan saraf tiruan. Rumus (8) dan rumus (9) adalah rumus untuk menilai nilai H tersebut.

$$H_i = \sum(T_i - O_i)^2 \quad (8)$$

$$H_j = \sum(T_j - O_j)^2 \quad (9)$$

Dengan penjelasan sebagai berikut:

H_i : nilai H yang dihasilkan dengan algoritma genetik

H_j : nilai H yang dihasilkan jaringan saraf tiruan [9]

T : nilai EMPI yang diharapkan pada suatu periode tertentu

O : nilai EMPI yang dihasilkan oleh sistem pada suatu periode tertentu

Kakas pemrograman yang dipakai dalam penelitian ini Visual Basic .Net. Kakas ini digunakan untuk membangun antar muka pengguna dan algoritma genetik.

3. PENCARIAN PARAMETER TERBAIK RUMUS EMPI

Pencarian paramater terbaik rumus EMPI dengan algoritma genetik terdiri atas tiga proses utama, yaitu seleksi, persilangan, dan mutasi. Secara keseluruhan, proses pencarian paramater ini dapat dilihat pada gambar 1.

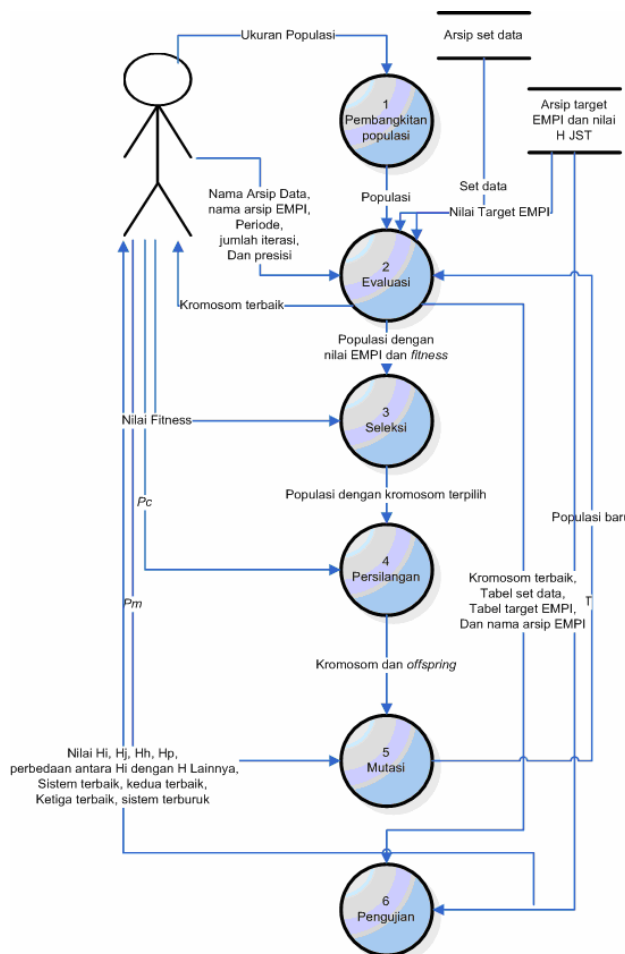
3.1 Masukan Sistem

Sistem ini memerlukan tiga tipe masukan. Ketiga masukan tersebut antara lain:

1. nama arsip data
2. nama arsip EMPI
3. nilai- nilai paramater

Nama arsip data adalah nama dari arsip yang menyimpan data indikator yang telah dikembangkan oleh Suprayogi [9]. Nama arsip EMPI adalah nama dari arsip yang menyimpan daftar EMPI yang diharapkan. Nilai-nilai paramater yang dimasukkan oleh pengguna antara lain jumlah iterasi untuk menentukan berapa banyak iterasi yang harus dilakukan oleh sistem, ukuran populasi untuk menentukan berapa banyak kromosom yang dapat ditampung dalam suatu populasi, berapa lama periode yang akan dipakai untuk menghasilkan

kromosom terbaik, P_c untuk menentukan probabilitas terjadinya persilangan dalam populasi, dan P_m untuk menentukan probabilitas terjadinya mutasi dalam populasi.



Gambar 1. Diagram Alir Sistem Pencarian Parameter Terbaik Rumus EMPI dengan Algoritma Genetik

3.2 Keluaran Sistem

Terdapat enam keluaran yang dihasilkan oleh sistem. Keenam keluaran tersebut antara lain:

1. kromosom dengan nilai fitness terbaik
2. nilai H_i dari kromosom terbaik hasil pencarian menggunakan algoritma genetik
3. nilai H_j dari jaringan saraf tiruan
4. sistem terbaik dan sistem kedua terbaik
5. nilai EMPI kromosom terbaik akhir dari setiap periode
6. nilai fitness dari setiap kromosom terbaik pada setiap generasinya

Kromosom dengan nilai fitness terbaik merupakan representasi dari kumpulan peraturan yang paling baik dalam menjabarkan EMPI dengan tujuh belas indikator. Kromosom ini didapatkan setelah sistem melakukan seleksi, evaluasi, persilangan, dan mutasi terhadap populasi sebanyak paramater jumlah iterasi.

Kromosom tersebut akan dipakai untuk menghasilkan nilai EMPI antara bulan Juli 1997 sampai dengan Desember 2004. Selisih antara nilai EMPI yang diharapkan dengan nilai EMPI yang dihasilkan inilah dengan menggunakan rumus (8) menghasilkan keluaran kedua dari sistem, yaitu H_i . Nilai H_i yang dihasilkan oleh sistem akan dibandingkan dengan nilai H lainnya yang dihasilkan oleh sistem pembandingan, yaitu sistem jaringan saraf tiruan [9].

3.3 Proses Sistem

Dalam mencari parameter rumus EMPI, langkah awal adalah pembangkitan populasi untuk kemudian diterapkan berbagai operator algoritma genetika pada populasi tersebut. Iterasi tersebut dilakukan hingga penilaian dengan fungsi fitness telah mencapai target yang diinginkan.

1. Pembangkitan Populasi

Populasi adalah kumpulan dari hipotesa dalam bentuk kromosom. Kumpulan dari hipotesa ini akan dievaluasi menurut fungsi fitness. Dalam TA ini menggunakan rumus (7) yang dituliskan pada bagian 2 makalah ini.

Bila terdapat contoh dari hipotesa:

$$EMPI = 1. \frac{(I_{11} - I_{11-1})}{I_{11} + 1} + \frac{(I_{12} - I_{12-1})}{I_{12} + 1} + \frac{(I_{13} - I_{13-1})}{I_{13} + 1} + \frac{(I_{14} - I_{14-1})}{I_{14} + 1} + \frac{(I_{15} - I_{15-1})}{I_{15} + 1} + \frac{(I_{16} - I_{16-1})}{I_{16} + 1} + \frac{(I_{17} - I_{17-1})}{I_{17} + 1} + \frac{(I_{18} - I_{18-1})}{I_{18} + 1} + \frac{(I_{19} - I_{19-1})}{I_{19} + 1} + \frac{(I_{110} - I_{110-1})}{I_{110} + 1} + \frac{(I_{111} - I_{111-1})}{I_{111} + 1} + \frac{(I_{112} - I_{112-1})}{I_{112} + 1} + \frac{(I_{113} - I_{113-1})}{I_{113} + 1} + \frac{(I_{114} - I_{114-1})}{I_{114} + 1} + \frac{(I_{115} - I_{115-1})}{I_{115} + 1} + \frac{(I_{116} - I_{116-1})}{I_{116} + 1} + \frac{(I_{117} - I_{117-1})}{I_{117} + 1}$$

Dapat dipadankan dengan rule dalam GA dengan menggunakan padanan dalam tabel 1 dan tabel 2 sebagai berikut:

$$EMPI = \begin{matrix} 000100001000010000100001000010000 \\ 100001000010000100001 \\ 0000100001000010000100001 \end{matrix}$$

2. Representasi Fungsi Fitness dan Evaluasi

Dalam sistem ini, dipakai fungsi fitness dengan rumus 10 yang berfokus pada selisih antara nilai target dengan nilai hasil dari sistem.

$$F_{it}(i_j) = -\sqrt{\sum(O_i - T_i)^2} \quad (10)$$

Penjelasan tentang besaran O dan T adalah sebagai berikut ini:

- O : adalah nilai output yang dihasilkan oleh rumusan EMPI yang baru dengan menggunakan data baru hasil algoritma genetik
- T : adalah nilai target EMPI.
- i : adalah bulan ke $-i$ dari EMPI yang dipakai

Contoh dari penggunaan fungsi fitness adalah sebagai berikut. Misalkan akan diuji sebuah kromosom pada suatu periode t (Desember 1996). Misalkan pada saat t , kromosom tersebut menghasilkan nilai 0,92. Sedangkan pada saat t , nilai EMPI yang diharapkan adalah 1. Maka berdasarkan rumus 10, dapat dibuat perhitungan seperti berikut:

$$\begin{aligned} F_{it}(i_j) &= -(O_t - T_t)^2 \\ &= -(0.92 - 1)^2 \\ &= -0.08^2 \\ &= -0.0064 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan rumus di atas, contoh nilai fungsi fitness dari contoh kromosom pada suatu periode t adalah -0.0064.

3. Seleksi

Proses ini berfungsi untuk menseleksi setiap kromosom dalam populasi supaya jumlah total nilai fitness dari tiap kromosom akan lebih baik pada generasi selanjutnya. Dengan demikian akan memperbesar kemungkinan munculnya kromosom dengan nilai fitness yang cukup tinggi untuk dipakai dalam merubah parameter rumus EMPI.

Operator reproduksi yang dipakai dalam sistem ini adalah operator reproduksi yang berdasarkan roulette wheel selection. Berikut ini adalah contoh dari penerapan operator reproduksi dalam sistem ini.

Misal terdapat enam belas kromosom dalam satu populasi seperti yang terdapat dalam tabel 3. Hitung total fitness untuk populasi berdasarkan rumus 10. Berdasarkan rumus tersebut, didapatkan total fitness adalah 10.2795525226408. Probabilitas seleksi untuk tiap kromosom dapat dihitung dengan menggunakan rumus 11.

$$P_k = \frac{f(x)}{F}, k = 1,2,\dots \text{ ukuran populasi} \quad (11)$$

Nilai probabilitas seleksi untuk tiap kromosom dapat dilihat pada Tabel 4. Probabilitas kumulatif untuk tiap kromosom dapat dihitung dengan menggunakan rumus 12.

$$Q_k = \sum_{j=1}^k p_j, k = 1,2,\dots \text{ ukuran populasi} \quad (12)$$

Nilai probabilitas seleksi untuk tiap kromosom dapat dilihat pada Tabel 5.

4. Persilangan dan Mutasi

Kedua proses ini berfungsi untuk menyilangkan menghasilkan kromosom baru dari kromosom yang telah lolos proses seleksi. Persentase dilakukan persilangan ataupun mutasi tergantung pada nilai P_c dan P_m yang dimasukkan oleh pengguna. Yang patut diperhatikan adalah

Setelah dimutasi akan berubah menjadi:

000011100100001110010000100001000010000101
001110010000111001000011100100001110010000
1

Kromosom tersebut akan disebut sebagai kromosom anak yang merupakan representasi dari hipotesa:

$$\text{EMPI} = 1. (I_{t1} - I_{t1-1}) / I_{t1} + 0. (I_{t2} - I_{t2-1}) / I_{t2} + 1. (I_{t3} - I_{t3-1}) / I_{t3} + 0. (I_{t4} - I_{t4-1}) / I_{t4} + 1. (I_{t5} - I_{t5-1}) / I_{t5} + 1. (I_{t6} - I_{t6-1}) / I_{t6} + 1. (I_{t7} - I_{t7-1}) / I_{t7} + 1. (I_{t8} - I_{t8-1}) / I_{t8} + \frac{(n_9-1) \cdot \sqrt{(\sum (x_{i9} - \bar{x}_9)^2)}}{n_9} + 1. (I_{t9} - I_{t9-1}) / I_{t9} + 1. (I_{t10} - I_{t10-1}) / I_{t10} + 1. (I_{t11} - I_{t11-1}) / I_{t11} + 1. (I_{t12} - I_{t12-1}) / I_{t12} + 1. (I_{t13} - I_{t13-1}) / I_{t13} + 1. (I_{t14} - I_{t14-1}) / I_{t14} + 1. (I_{t15} - I_{t15-1}) / I_{t15} + 1. (I_{t16} - I_{t16-1}) / I_{t16} + 1. (I_{t17} - I_{t17-1}) / I_{t17}$$

5. Pengujian

Proses ini berfungsi untuk menguji kromosom terbaik yang dihasilkan oleh sistem dengan cara merubah kromosom tersebut menjadi rumus EMPI dan kemudian memakai rumus EMPI tersebut untuk mencari kapan saja saat masa lampau terjadi krisis. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan keadaan sebenarnya. Bila persentase kesamaan hasil dengan keadaan sebenarnya cukup besar, maka kromosom tersebut telah lolos pengujian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat lunak diimplementasikan dengan Visual Basic .Net Framework. Data yang dipakai untuk variabel dimulai dari Juli 1997 hingga Desember 2004. Untuk perbandingan dipakai hasil yang terdapat dalam Suprayogi [9]. Hasil ini dipakai sebagai perbandingan karena memakai rumus EMPI yang sama dengan rumus EMPI yang dicari parameternya dengan menggunakan algoritma genetik. Perbedaan utama adalah pada Suprayogi [9], tidak digunakan algoritma genetik melainkan jaringan saraf tiruan untuk mencari variabel dari rumus EMPI tersebut.

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa pencarian parameter rumus EMPI dengan menggunakan algoritma genetik masih belum melebihi persentase keberhasilan yang dicapai dalam Suprayogi [9], yaitu belum mencapai 85%. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti:

1. Kurang banyaknya kemungkinan rumus untuk v dan i yang dipakai dalam tulisan ini.
2. Kurang banyaknya perlambangan yang dipakai.
3. Kurang banyaknya jumlah generasi yang dimasukkan, pada Suprayogi, jumlah generasi dapat mencapai 10000.

PUSTAKA

- [1] Abiad, A, *Early Warning System: A Survey and a Regime Markov-Switching Approach*, International Monetary Fund Working Paper, 2003.
- [2] Gen, M., Cheng, T. *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Wiley and Sons, Inc., Canada, 1997.
- [3] Goldberg, D., *Genetic Algorithm in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, MA. 1989.
- [4] Heun, M., Schlink, T, *Early Warning Systems of Financial Crises – Implementation of a currency crisis model for Uganda*, HfB Business School of Finance and Management, Frankfurt, Germany, 2004.
- [5] Kaminsky, G.L, *Currency and banking crises: The Early Warning of Distress*, International Finance Discussion Paper, Board of Governors of Federal Reserve System, 1998.
- [6] Kaminsky, G.L., Lizondo, S., Reihart, *Currency and Banking Crises: The Early Warnings of Distress*. IMF Working Paper, International Monetary Fund, 1997.
- [7] Mitchell, T. M, *Machine Learning*. Singapore, McGraw-Hill Company, 1997.
- [8] Rasyidi, L., *Penyusunan Rute Kendaraan dengan Menggunakan Algoritma Genetik*, ITENAS, 2002.
- [9] Regional Monitoring Economic Unit, *A Regional Early Warning System Prototype for East Asia*, Asian Economic Bank, 2001.
- [10] Suprayogi dkk, *Sistem Peringatan Dini untuk Krisis Mata Uang dengan Model Jaringan Syaraf Tiruan*, 2005.