

# Model Autoregressive yang Dioptimasi Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Memprediksi Ketersediaan Energi Sumber Daya Mineral di Indonesia

Saadah S<sup>#1</sup>, Handayani E<sup>\*2</sup>, Jondri<sup>#3</sup>

*# Informatics, Telkom University*

*Telekomunikasi No.1, Ters. Buah Batu Bandung 40257 Indonesia*

<sup>1</sup> [sitisaadah@telkomuniversity.ac.id](mailto:sitisaadah@telkomuniversity.ac.id)

<sup>3</sup> [jondri@telkomuniversity.ac.id](mailto:jondri@telkomuniversity.ac.id)

*\* Informatics, Telkom University*

*Telekomunikasi No.1, Ters. Buah Batu Bandung 40257 Indonesia*

<sup>2</sup> [ekahanda41@gmail.com](mailto:ekahanda41@gmail.com)

## Abstrak

Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) sebagai unsur yang merupakan kebutuhan utama pada suatu Negara membutuhkan kajian untuk memprediksi ketersediaannya. Prediksi ini dilakukan menggunakan model *autoregressive* yang diimplementasikan pada data *time series* dan dioptimasi menggunakan Algoritma Genetika. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan dengan menggunakan pencarian parameter algoritma genetika, diperoleh parameter terbaik yaitu ukuran populasi pada nilai 100 dan 200. Sedangkan, probabilitas pindah silang bernilai 0.8 dan probabilitas mutasi nilainya 0.1 dengan akurasi MAPE yang diperoleh di bawah 25%. Prediksi yang menghasilkan MAPE terbaik adalah prediksi yang menggunakan data latih sebesar 85% dan data uji sebesar 15%. Hasil akhir dari prediksi adalah ketersediaan gas alam dan batubara termasuk ke dalam kategori tidak krisis, sedangkan ketersediaan minyak bumi mengalami krisis.

**Kata kunci:** *Prediksi, Algoritma Genetika, Energi, autoregressive, time series.*

## Abstract

Energy and Mineral Resources (EMR) is one of the most important resources in Indonesia. One way to determine the possibility of the availability of energy is predict the EMR. This prediction is using autoregressive model implemented on time series data and optimized using Genetic Algorithms. Based on observations made for the genetic algorithm search parameters, obtained the best parameters are the size of the population at a value of 100 and 200, the probability of crossover 0.8 and mutation probabilities 0.1. This prediction produce good accuracy, the MAPE is under 25%. Prediction that produces the best MAPE is the one that uses 85% training data and 15% of test data. The end result of the prediction is the availability of natural gas and coal are safe, while the availability of petroleum in crisis.

**Kata Kunci:** *prediction, Genetic Algorithm, Energy, autoregressive, time series*

## I. PENDAHULUAN

Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) merupakan salah satu sumber daya terpenting di Indonesia. Jenis ESDM yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah energi fosil yang merupakan energi yang tak dapat diperbaharui, energi fosil antara lain minyak bumi, batu bara dan gas alam[5,15]. Hampir seluruh sektor di Indonesia memanfaatkan ESDM, diantaranya transportasi, rumah tangga, industri, maupun komersial[15,3]. Tingginya tingkat pemanfaatan ESDM yang tidak diimbangi dengan produksi yang besar dapat menyebabkan

krisis energi di Indonesia. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui kemungkinan krisis energi adalah dengan melakukan prediksi pada ESDM.

Prediksi merupakan suatu cara yang dapat digunakan untuk memperkirakan keadaan di masa mendatang. Prediksi dapat dilakukan menggunakan berbagai metode, misalnya jaringan syaraf tiruan (JST), *fuzzy inference system* (FIS), dan model ekonometrika *autoregressive*. Prediksi krisis energi yang pernah dilakukan adalah menggunakan FIS [8] dan jaringan syaraf tiruan [14]. Sedangkan pada penelitian ini akan dilakukan prediksi menggunakan model *autoregressive* yang diimplementasikan pada data *time series*. Prediksi menggunakan model *autoregressive* pada *time series* sebelumnya pernah dilakukan untuk meramalkan indeks saham dan penjualan [9,7,4]. Prediksi menggunakan model ini dapat dikatakan baik apabila nilai akurasi yang diperoleh tinggi dengan nilai galat yang rendah. Dan untuk memprediksi energi sumber daya mineral, dibutuhkan algoritma optimasi untuk meningkatkan hasil prediksinya.

Optimasi dilakukan dengan Algoritma Genetika (AG) yang mengadopsi teori evolusi biologi. Algoritma genetika memiliki kemampuan untuk mengoptimasi persoalan hingga mendapat hasil optimal melalui proses pindah silang dan mutasi layaknya makhluk hidup. Algoritma genetika digunakan pada prediksi data *time series* dan optimasi prediksi model *autoregressive* agar mendapatkan hasil yang optimal dan akurat [7,4,18]. Dengan demikian, pada penelitian ini dibuat suatu prediksi ketersediaan energi menggunakan data *time series* dengan model *autoregressive* yang dioptimasi menggunakan algoritma genetika. Algoritma genetika diterapkan untuk menentukan parameter optimal pada model *autoregressive* agar dapat menghasilkan galat yang kecil pada prediksi *time series*.

## II. DASAR TEORI

### A. Energi Sumber Daya Mineral

Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) merupakan sumber daya alam yang dapat diolah manusia menjadi bahan pemenuhan kebutuhan energi. ESDM terbagi menjadi dua, yaitu energi fosil dan non fosil. Energi fosil adalah energi yang berasal dari jasad organik (mahluk hidup) yang mengalami proses sedimentasi selama jutaan tahun, misalnya minyak bumi, batu bara dan gas alam. Sedangkan energi non fosil adalah energi yang pembentukannya bukan berasal dari jasad organik, seperti air, matahari, dan angin[10]. Dikarenakan energi fosil merupakan energi yang berasal dari endapan jasad organik, maka energi ini adalah sumber daya alam yang tak dapat diperbaharui. Dimana energy fosil ini merupakan energi yang paling banyak dimanfaatkan di Indonesia. Hal ini terlihat dari meningkatnya jumlah konsumsi ketiga jenis energi tersebut di berbagai sektor, yaitu transportasi, industri, rumah tangga maupun komersil.

Menurut referensi [15,3], produksi minyak bumi cenderung menurun, sedangkan produksi batu bara dan gas alam cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena sumur – sumur produksi minyak bumi di Indonesia sudah tua, dan untuk produksi batu bara dan gas alam masih memiliki cadangan yang besar. Berdasarkan perbandingan antara jumlah produksi dan konsumsi dari ketiga jenis energi ini dapat menjadi pertimbangan ketersediaan ESDM di Indonesia.

### B. Model Autoregressive pada Data Time Series

Data *time series* adalah data yang terdiri dari nilai – nilai variabel yang disusun berdasarkan waktu. Prediksi data *time series* merupakan prakiraan masa mendatang yang dilakukan berdasarkan data pada masa lampau yang saling berkorelasi [7,13]. Model prediksi yang digunakan adalah model *autoregressive* dengan persamaan sebagai berikut [9,12].

$$\hat{y}_t = \theta_0 + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \dots + \theta_p y_{t-p} + \varepsilon \quad (1)$$

dimana

$\hat{y}_t$  = prediksi pada waktu ke –  $t$

$\theta_i$  = koefisien *time series*

$y_t$  = data pada waktu ke –  $t$

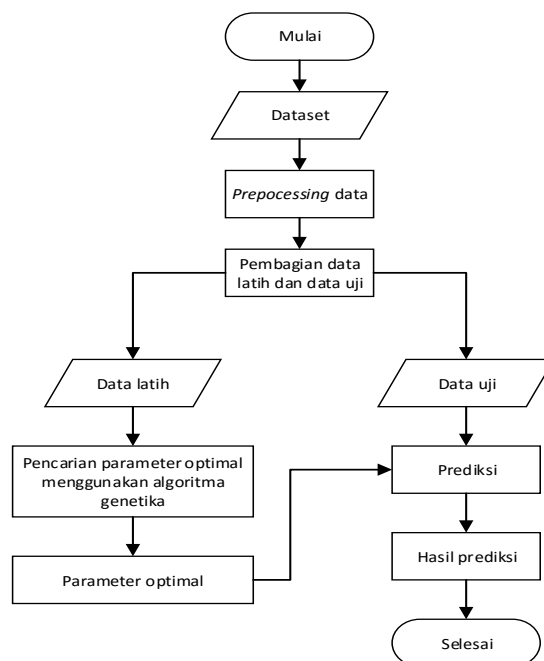
$\varepsilon$  = prediksi galat, diperoleh secara acak menggunakan distribusi normal

### III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dibuat sistem yang dapat memprediksi ketersediaan energi sumber daya mineral, yaitu minyak bumi, gas alam dan batu bara. Prediksi dilakukan menggunakan data *time series* dari produksi dan konsumsi masing – masing energi. Prediksi ini menggunakan mode *autoregressive* dengan algoritma genetika untuk mendapatkan parameter yang menghasilkan hasil prediksi yang akurat.

Data yang digunakan pada sistem prediksi ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu data latih dan data uji. Data latih digunakan pada proses pelatihan model prediksi dalam pencarian parameter optimal. Sedangkan data uji digunakan untuk menguji parameter yang diperoleh dari proses pelatihan apakah akurasi sudah baik.

Hasil dari prediksi ini terbagi menjadi tiga, yaitu hasil prediksi produksi, hasil prediksi konsumsi dan notifikasi ketersediaan dari minyak bumi, gas alam dan batu bara.



Gambar 1. Alur Proses Sistem

Berdasarkan gambar 1, sistem prediksi ini dimulai dengan pemrosesan data, dimana dataset yang diperoleh terlebih dahulu melalui tahap *preprocessing* data. Hasil *preprocessing* data selanjutnya dibagi menjadi data latih dan data uji. Data latih digunakan dalam proses pencarian parameter optimal menggunakan algoritma genetika, yang kemudian parameter hasil pencarian digunakan untuk proses prediksi. Data uji dan parameter optimal diimplementasikan pada model prediksi yang selanjutnya diperoleh hasil prediksi. Data set yang digunakan pada prediksi merupakan data *time series* dari produksi dan konsumsi minyak bumi, gas alam dan batu bara di Indonesia. Data diperoleh dari [www.datamarket.com](http://www.datamarket.com) dan merupakan data dari tahun 1981 sampai dengan tahun 2013.

*Preprocessing* data adalah tahap persiapan data, dimana data yang diperoleh merupakan data mentah yang selanjutnya ditransformasikan ke format yang lebih efektif penggunaannya [6]. *Preprocessing* data dapat membuat *noise* pada data mentah berkurang ataupun hilang sehingga dapat memberikan hasil prediksi yang

lebih baik. *Preprocessing* yang dilakukan pada penelitian ini adalah menormalisasi data mentah dengan normalisasi *minimum (min) – maximum (max)* [11].

$$data_{norm} = \frac{data - data_{min} * (newdata_{maks} - newdata_{min})}{(data_{maks} - data_{min})} + newdata_{min} \quad (2)$$

dimana

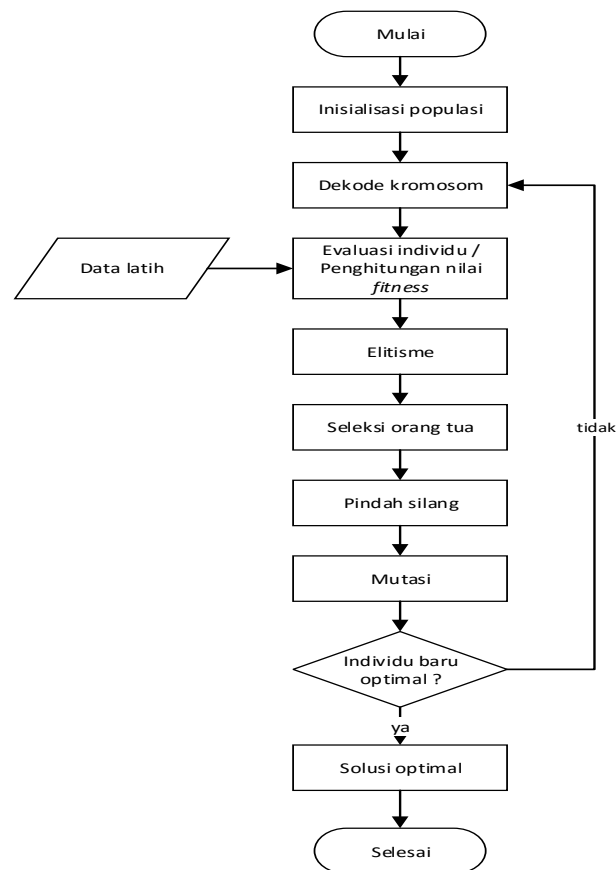
$data_{norm}$  = data hasil normalisasi

$data_{min}$  = data terkecil pada data mentah

$data_{maks}$  = data terbesar pada data mentah

$newdata_{min}$  = data terkecil baru pada data ternormalisasi

Algoritma genetika yang merupakan algoritma pencarian yang menerapkan prinsip evolusi dan genetika alamiah. Penggunaan algoritma genetika pada penelitian ini adalah untuk pencarian parameter optimal yang digunakan pada proses prediksi. Rancangan penggunaan algoritma genetika pada penelitian ini tertera seperti gambar 2 berikut.



Gambar 2. Proses Algoritma Genetika

Inisialisasi populasi dilakukan untuk membentuk populasi secara acak yang terdiri dari sejumlah kromosom sebanyak ukuran populasi. Kromosom menggunakan skema pengkodean bilangan *real* dengan panjang kromosom ditentukan berdasarkan jumlah gen yang merepresentasikan suatu variabel. Panjang kromosom yang digunakan terdiri dari enam gen, dimana setiap gen mewakili satu variabel parameter.

|       |             |             |             |             |             |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $x_1$ | $x_2$       | $x_3$       | $x_4$       | $x_5$       | $x_6$       |
| $c$   | $\varphi_1$ | $\varphi_2$ | $\varphi_3$ | $\varphi_4$ | $\varphi_5$ |

Gambar 3. Representasi kromosom

Untuk dekode kromosom, kromosom hasil inisialisasi populasi selanjutnya didekodekan menggunakan persamaan 2.3 agar kromosom berada pada interval tertentu, [Rb,Ra]. Batas bawah, Rb yang digunakan pada penelitian adalah -5 sedangkan batas atas, Ra yang digunakan adalah 5. Dan evaluasi individu dilakukan untuk mengetahui kromosom yang memiliki nilai *fitness* terbaik menggunakan pencarian fungsi minimasi, dimana fungsi yang dihitung adalah fungsi MAPE pada persamaan 2.12, sehingga fungsi *fitness* yang digunakan adalah

$$\frac{1}{MAPE+a} \tag{3}$$

Elitisme yaitu proses penyalinan satu atau dua buah kromosom terbaik pada jenis *generational replacement*, yaitu proses penggantian populasi yang dilakukan secara bersamaan pada satu waktu. Sedangkan, seleksi orang tua menggunakan metode *roulette wheel*, dimana kromosom dengan fitness tinggi memiliki peluang terpilih lebih besar berdasarkan pemilihan yang dilakukan secara proporsional. Untuk pindah silang, orang tua yang terpilih dari hasil seleksi selanjutnya mengalami pindah silang jika memenuhi probabilitas pindah silang. Pindah silang ini menggunakan rekombinasi aritmatika untuk menghasilkan individu baru.

$$\begin{aligned} c_1 &= ortu_1 * \alpha + ortu_2 * (1 - \alpha) \\ c_2 &= ortu_2 * \alpha + ortu_1 * (1 - \alpha) \end{aligned} \tag{4}$$

Mutasi dilakukan agar individu baru yang dihasilkan menjadi lebih baik. Mutasi yang digunakan adalah mutasi *Gaussian* dengan persamaan berikut.

$$x'_i = x_i + N(0, \sigma_i) \tag{5}$$

Dimana  $x_i$  adalah adalah gen yang terpilih untuk dimutasi berdasarkan probabilitas mutasi dan  $N(0, \sigma_i)$  adalah bilangan acak Gaussian dengan *mean* 0 dan standar deviasi  $\sigma_i$ .

Akurasi prediksi digunakan untuk mengukur bagus/tidaknya suatu prediksi. Perhitungan ini dilakukan dengan mengukur galat antara nilai prediksi dan nilai nyata, semakin rendah nilai galat maka akurasi semakin tinggi. Salah satu cara untuk menghitung galat pada prediksi adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Perhitungan MAPE dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut [1].

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{\text{nilai\_aktual}_t - \text{nilai\_prediksi}_t}{\text{nilai\_aktual}_t} \right|}{n} \times 100\% \tag{6}$$

#### IV. HASIL DAN DISKUSI

Hasil prediksi dari sistem ini adalah prediksi konsumsi dan prediksi produksi dari minyak bumi, gas alam dan batu bara. Dari hasil prediksi konsumsi dan prediksi produksi ditinjau apakah kondisinya masih aman atau dalam keadaan krisis. Ketersediaan energi dapat dinyatakan dalam kondisi aman jika nilai produksi lebih besar daripada nilai konsumsi, sedangkan kondisi krisis diperoleh saat nilai produksi lebih kecil daripada nilai

konsumsi dan nilai produksi berada di bawah 69,71 juta ton (setara 1,4 juta barel per hari) sehingga produksi dinyatakan tidak dapat memenuhi kebutuhan konsumsi energi tersebut.

Skenario pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan pembagian data latih dan data uji terhadap hasil prediksi. Adapun pada penelitian ini dilakukan 3 skenario uji yang berbeda, yaitu

1. Skenario 1
  - Data latih : 85% data asli
  - Data uji : 15% data asli
2. Skenario 2
  - Data latih : 75% data asli
  - Data uji : 25% data asli
3. Skenario 3
  - Data latih : 60% data asli
  - Data uji : 40% data asli

Ketiga skenario tersebut diujikan pada data produksi dan konsumsi minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Skenario ini pun digunakan dalam proses pencarian kombinasi parameter algoritma genetika. Parameter algoritma genetika yang diobservasi adalah ukuran populasi dengan nilai 100, 200, dan 300, probabilitas pindah silang yang nilainya 0.6, 0.7, dan 0.8 serta probabilitas mutasi yang nilainya 0.01, 0.05, 0.1, 0.2. Tahap selanjutnya adalah pencarian parameter prediksi model *autoregressive* dengan mengimplementasikan parameter algoritma genetika hasil observasi sebelumnya. Pengujian ini dilakukan sebanyak 30 kali *running* menggunakan data latih yang menghasilkan parameter prediksi terbaik. Parameter ini selanjutnya diimplementasikan pada data uji untuk prediksi.

Pada skenario 1 dilakukan pengujian menggunakan 85% data latih dan 15% data uji. Dataset yang digunakan pada pengujian ini adalah dataset asli berdasarkan sumber. Observasi ini menggunakan data *training* sebanyak 85% dari dataset yang telah dinormalisasi. Data yang digunakan merupakan data produksi dan konsumsi dari minyak bumi, gas alam dan batu bara dari tahun berdasarkan dataset asli. Observasi dilakukan sebanyak 30 kali percobaan dan menghasilkan parameter algoritma terbaik sebagai berikut.

Tabel 1 Hasil observasi parameter algoritma genetika pada Skenario 1

| Data                 | Parameter Algoritma Genetika |     |      | AVG MAPE | AVG Fitness |
|----------------------|------------------------------|-----|------|----------|-------------|
|                      | UkPop                        | pCo | pMut |          |             |
| Produksi Minyak Bumi | 100                          | 0.8 | 0.1  | 12.3026  | 0.084067    |
| Produksi Gas Alam    | 200                          | 0.8 | 0.1  | 6.7943   | 0.15748     |
| Produksi Batu Bara   | 200                          | 0.8 | 0.1  | 4.2363   | 0.2505      |
| Konsumsi Minyak Bumi | 100                          | 0.8 | 0.1  | 7.4296   | 0.14606     |
| Konsumsi Gas Alam    | 200                          | 0.8 | 0.1  | 7.2969   | 0.14369     |
| Konsumsi Batu Bara   | 100                          | 0.8 | 0.1  | 7.2895   | 0.14074     |

Berdasarkan tabel 1 diperoleh hasil optimal dari observasi parameter algoritma yang telah dilakukan pada masing – masing data. Pada ukuran populasi, nilai yang terpilih adalah 100 dan 200, kedua nilai ini dianggap optimal berdasarkan datanya. Untuk probabilitas pindah silang, nilai yang dihasilkan adalah sama pada setiap jenis data, yaitu 0.8. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar probabilitas pindah silang mempengaruhi jumlah individu baru yang dihasilkan dikarenakan peluang jumlah orang tua yang terpilih mengalami proses pindah silang lebih banyak. Sedangkan untuk probabilitas mutasi, nilai yang dihasilkan sama yaitu 0.1. Ini menunjukkan nilai 0.1 optimal untuk semua data yang digunakan.

Pada skenario 2 digunakan pembagian data latih dan data uji masing – masing 75% dan 25% dari dataset asli. Data yang digunakan pada pengujian ini adalah data asli sesuai sumber. Tahap pertama yang dilakukan pada skenario 2 adalah pencarian parameter algoritma genetika terbaik yang digunakan pada saat optimasi menggunakan algoritma genetika. Parameter yang diobservasi pada skenario 2 sama seperti skenario 1, yaitu ukuran populasi, probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi. Berikut hasil observasi terhadap parameter algoritma genetika pada skenario 2.

Tabel 2 Hasil Observasi Parameter Algoritma Genetika pada Skenario 2

| Data                 | Parameter Algoritma Genetika |     |      | AVG MAPE | AVG Fitness |
|----------------------|------------------------------|-----|------|----------|-------------|
|                      | UkPop                        | pCo | pMut |          |             |
| Produksi Minyak Bumi | 200                          | 0.8 | 0.1  | 10.6451  | 0.095918    |
| Produksi Gas Alam    | 200                          | 0.8 | 0.1  | 6.6917   | 0.15723     |
| Produksi Batu Bara   | 200                          | 0.8 | 0.1  | 4.2421   | 0.25189     |
| Konsumsi Minyak Bumi | 100                          | 0.8 | 0.1  | 6.1305   | 0.16826     |
| Konsumsi Gas Alam    | 200                          | 0.8 | 0.1  | 6.9585   | 0.14806     |
| Konsumsi Batu Bara   | 100                          | 0.8 | 0.1  | 6.3678   | 0.16787     |

Hasil observasi parameter algoritma genetika pada skenario 2 menghasilkan nilai ukuran populasi yang baik adalah 100 dan 200, nilai ini tergantung pada data yang diobservasi. Untuk probabilitas pindah silang nilai yang diperoleh dari observasi sama, yaitu 0.8. Nilai ini menunjukkan bahwa semakin besar probabilitas pindah silang, maka semakin besar peluang orang tua yang terpilih untuk melakukan pindah silang sehingga kemungkinan diperoleh individu baru yang lebih baik semakin besar. Sedangkan untuk probabilitas mutasi nilainya juga sama, yaitu sebesar 0.1, nilai ini ideal untuk menghasilkan individu baru yang lebih baik.

Pada skenario 3 digunakan pembagian data latih 60% dan data uji 40% dari dataset asli. Tahap pertama yang dilakukan pada skenario 3 adalah observasi terhadap parameter algoritma genetika. Observasi dilakukan terhadap tiga parameter algoritma genetika, yaitu ukuran populasi, probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi dilakukan sebanyak 30 kali. Berikut tabel hasil observasi terhadap parameter algoritma genetika.

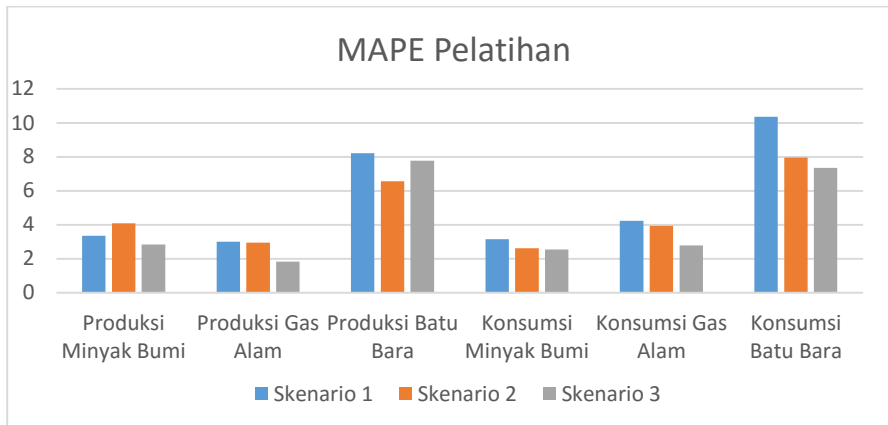
Tabel 3 Hasil observasi parameter algoritma genetika pada skenario 3

| Data                 | Parameter Algoritma Genetika |     |      | AVG MAPE | AVG Fitness |
|----------------------|------------------------------|-----|------|----------|-------------|
|                      | UkPop                        | pCo | pMut |          |             |
| Produksi Minyak Bumi | 100                          | 0.8 | 0.1  | 7.6995   | 0.13545     |
| Produksi Gas Alam    | 200                          | 0.8 | 0.1  | 6.4328   | 0.16431     |
| Produksi Batu Bara   | 200                          | 0.8 | 0.1  | 3.5262   | 0.31827     |
| Konsumsi Minyak Bumi | 100                          | 0.8 | 0.1  | 6.6485   | 0.15665     |
| Konsumsi Gas Alam    | 200                          | 0.8 | 0.1  | 6.782    | 0.15665     |
| Konsumsi Batu Bara   | 100                          | 0.8 | 0.1  | 4.9026   | 0.21948     |

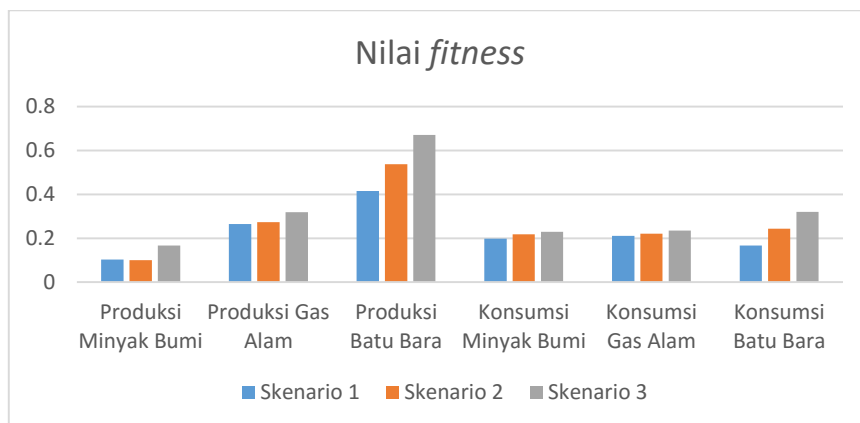
Hasil observasi dari skenario 3 menunjukkan parameter algoritma genetika terbaik adalah nilai ukuran populasi yang terpilih adalah 100 dan 200, kedua nilai ini dianggap optimal berdasarkan datanya. Untuk probabilitas pindah silang, nilai yang dihasilkan adalah sama pada setiap jenis data, yaitu 0.8. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar probabilitas pindah silang mempengaruhi jumlah individu baru yang dihasilkan dikarenakan peluang jumlah orang tua yang terpilih mengalami proses pindah silang lebih banyak. Sedangkan untuk probabilitas mutasi, nilai yang dihasilkan sama yaitu 0.1. Ini menunjukkan nilai 0.1 optimal untuk semua data yang digunakan. Hasil observasi ini hampir sama dengan hasil observasi pada skenario 1.

Dari ketiga skenario pengujian di atas, dapat dilihat bahwa nilai *fitness* yang paling tinggi menghasilkan nilai MAPE yang rendah pada proses pelatihan prediksi. Hal ini dapat terjadi karena pada saat proses pencarian parameter prediksi model *autoregressive* nilai *fitness* berbanding terbalik dengan nilai MAPE, sehingga saat MAPE yang diperoleh sangat kecil, maka parameter tersebut menghasilkan *fitness tertinggi*. Analisa selanjutnya yaitu bahwa untuk ketersediaan energi minyak bumi berada dalam kondisi krisis sedangkan ketersediaan gas alam dan batu bara dalam kondisi aman.





Gambar 7. Grafik MAPE Pelatihan



Gambar 8. Grafik nilai fitness

Sedangkan pada proses pengujian sistem menggunakan data uji, skenario yang menghasilkan MAPE paling baik adalah skenario 1. Hal ini dapat terlihat dari keseluruhan nilai MAPE pada tiap data yang masih lebih kecil jika dibandingkan dengan dua skenario lainnya. Nilai MAPE skenario 1 dapat lebih baik dibanding kedua skenario lain dikarenakan pada skenario 1, jumlah data yang digunakan untuk proses pelatihan lebih banyak, sehingga sistem dapat melakukan pembelajaran lebih baik dan menghasilkan data yang lebih akurat.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada model prediksi *autoregressive* menggunakan algoritma genetika pada data *time series* produksi dan konsumsi minyak bumi, gas alam dan batu bara diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil prediksi ketersediaan energi menunjukkan bahwa kondisi ketersediaan minyak bumi dalam keadaan krisis, sedangkan kondisi ketersediaan gas alam dan batu bara menunjukkan kondisi aman.

2. Algoritma genetika menjadi algoritma optimasi pencarian parameter model *autoregressive* yang baik dengan menghasilkan akurasi yang baik, yaitu MAPE di bawah 25%.
3. Parameter algoritma genetika yang terpilih sebagai parameter terbaik pada saat observasi adalah ukuran populasi bernilai 100 dan 200 tergantung data yang digunakan sedangkan nilai probabilitas pindah silang sebesar 0.8 dan nilai probabilitas mutasi sebesar 0.1.
4. Skenario yang paling baik menghasilkan prediksi adalah skenario dengan data latih sebesar 85% dan data uji sebesar 15%.
5. Optimasi prediksi ini tidak mempertimbangkan gangguan-gangguan yang mungkin terjadi di masa yang akan datang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhikari, R. 2013. *An Introductory Study on Time Series Modelling and Forecasting*. Germany: LAP Lambert Academic Publishing.
- [2] Ardhiyanto, B., Pudjoatmodjo, B., & Sulistyono, M. D. 2014. *Implementasi Algoritma Genetika pada Penjadwalan Sidang Tugas Akhir Fakultas Informatika*. Bandung: Universitas Telkom.
- [3] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2013. *Outlook Energi Indonesia 2013*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- [4] Basuki, A., & Fariza, A. 2003. Peningkatan Kinerja Algoritma Genetika pada Peramalan Time Series dengan Klasifikasi Data Berdasarkan Trend. *IES 2003*. Surabaya.
- [5] Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral dan Batubara Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2012. *Keselarasn Kebijakan Energi Nasional (KEN) dengan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED)*. Jakarta: Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral dan Batubara.
- [6] Fairuzabadi, M. 2009, Oktober 30. *Data Mining 4 – Preprocessing Data Mining*. Retrieved Juli 15, 2014, from <http://fairuzelsaid.wordpress.com/2009/10/30/bab-4-preprocessing-data-mining/>
- [7] Fariza, A., Buliali, J. L., & Purwananto, Y. 2003. Hybrid Algoritma Genetika Simulated Annealing untuk Peramalan Data Time Series Bertipe Stasioner, Non Stasioner, Random dan Musiman. *IES 2003*, (p. 77). Surabaya.
- [8] Firmansyah, H., Jondri, & Sa'adah, S. 2014. *Analisis & Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) - Mamdani dalam Klasifikasi Hasil Prediksi Krisis Energi (Batu Bara, Gas Alam, Minyak Bumi) di Indonesia*. Bandung: Universitas Telkom.
- [9] Kautsar, T. M. 2008. *Prediksi Kurs Valuta Asing Menggunakan Algoritma Genetika*. Depok: Universitas Indonesia.
- [10] Lakza, A. (2013, Januari 31). *slidesahre*. Retrieved Oktober 15, 2014, from <http://www.slideshare.net/adityalakzak/sumberdaya-energi>
- [11] Martiana, E. (2013, September 11). *Data Preprocessing*. Retrieved Juli 15, 2014, from <http://lecturer.eepis-its.edu/~entin>
- [12] Muis, S. 2006. *Jaringan Syaraf Tiruan Sebagai Alat Bantu Peramalan Harga Saham*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [13] Naipah, Dayawati, R. N., & Budi, T. A. (n.d.). *Peramalan Deret Waktu Penjualan Menggunakan Kombinasi Algoritma Genetika dan Simulated Annealing*. Bandung: Universitas Telkom.
- [14] Nourislam, A., Jondri, & Sa'adah, S. 2014. *Analisis dan Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan - Propagasi Balik dalam Memprediksi Produksi dan Konsumsi Minyak Bumi, Gas Bumi, dan Batu Bara di Indonesia*. Bandung: Universitas Telkom.
- [15] Saadah S. *International Conference of Science Engineering and Technology (ICSET), 2012*. Bandung Institute of Technology, Indonesia. Title: "Prediction System of Economic Crisis in Indonesia using Time Series Analysis and Dynamic System Optimized by Genetic Algorithm". IEEE, ISBN 978-1-4673-2375-8.
- [16] Saadah S. *International Conference on Advance Computer Science and Information Systems (ICACSIS), 2013*.

- University of Indonesia. Title: "Machine learning of forecasting Long-term economic crisis in Indonesia". 28th – 29th September, 2013. IEEE Explore, Indonesia Section. [10.1109/ICAC SIS.2013.6761586](https://doi.org/10.1109/ICAC SIS.2013.6761586).
- [17] Saadah S. *International Conference of Information and Communication Technology, ICOICT 2014*. Telkom University. Hotel Panghegar 28-30 April 2014. Title: "Prediction Time Series of Economic Indicator in Indonesia Optimized by Genetic Algorithm". IEEE Indonesia Section. Waiting for the conference schedule. DOI [10.1109/ICOICT.2014.6914088](https://doi.org/10.1109/ICOICT.2014.6914088).
- [18] Saadah S. *6th International Conference on Information Science and Applications (ICISA 2015), February 24-26, 2015, Pattaya, Thailand*. "Interconnection Learning between Economic Indicators in Indonesia Optimized by Genetic Algorithm". Springer Heidelberg New York Dordrecht London.
- [19] Saadah S. *The 2<sup>nd</sup> International Conference on Information Science and Security (ICISS), 2015, Seoul Korea*. Title: "Chaos and Complex in Measuring Sustainability of Economic Condition in Indonesia". Indexed in IEEE and scopus. <http://icatse.org/iciss-2015-seoul-korea/>
- [20] Yang, C. X., & Zhu, Y. F. (2010). Using Genetic Algorithms for Time Series Prediction. *2010 Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC 2010)*. Yantai.

