

Penerapan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Konsumsi Energi Listrik Indonesia

Yulian Ekananta¹, Lailil Muflikhah², Candra Dewi³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹ekanantayulian@gmail.com, ²laililmf@gmail.com, ³dewi_candra@ub.ac.id

Abstrak

Dengan jumlah permintaan konsumsi yang semakin besar, pada saat ini konsep prediksi semakin diperlukan sebagai sebuah masukan yang penting untuk mengambil keputusan perencanaan dan pengendalian. Mengacu pada kegiatan prediksi, salah satu teknik yang terdapat dalam kegiatan tersebut adalah teknik *fuzzy time series*. *Fuzzy time series* adalah sebuah algoritma yang digunakan untuk prediksi. Prediksi dengan menggunakan *fuzzy time series* ini bekerja menyimpan data di masa lampau kemudian menghasilkan nilai baru yang di tampilkan di masa mendatang. Keluaran yang dihasilkan berupa hasil dari prediksi tersebut. Kelebihan metode time series adalah tidak membutuhkan asumsi-asumsi dibandingkan metode prediksi lainnya. Metode *fuzzy time series* prosesnya tidak terlalu rumit sehingga mudah untuk dikembangkan. Ada banyak sekali tipe metode dengan menggunakan *fuzzy time series* dalam perkembangannya, salah satu nya yaitu adalah average-based *fuzzy time series*. Metode ini merupakan metode *fuzzy time series* berbasis rata-rata yang mampu menentukan panjang interval efektif, sehingga mampu memberikan hasil prediksi dengan tingkat akurasi yang baik. Pada implementasinya, penelitian ini menerapkan metode average-based *fuzzy time series* untuk prediksi konsumsi energi listrik. Data jumlah konsumsi energi listrik dipilih karena memiliki karakteristik yang tepat yaitu termasuk dalam golongan data trend. Pada bagian pengujian yang dilakukan yang menggunakan *keseluruhan data* menghasilkan nilai AFER 9,24. Sedangkan dengan menggunakan MAPE pada pengujian menggunakan data menghasilkan 14,27%. Hasil tersebut termasuk kriteria baik.

Kata kunci: Energi listrik, prediksi, *fuzzy time series*, average-based .

Abstract

With the ever-increasing amount of demand for consumption, for now the concept of forecasting is increasingly necessary as an important input to take planning and control decisions. Referring to the prediction activity, one of the techniques contained in the activity is the fuzzy time series technique. Fuzzy time series is an algorithm used for prediction. Prediction using this fuzzy time series works to store data in the past then generate new value in the show in the future. The resulting output is the result of the prediction. The advantage of time series method is not to require assumptions compared to other prediction methods. The method of fuzzy time series process is not too complicated so it is easy to develop. There are many types of methods using fuzzy time series in its development, one of them is the average-based fuzzy time series. This method is an average-based fuzzy time series method that is able to determine the effective interval length, so as to provide predictive results with a good degree of accuracy. In its implementation, this research applies method of average-based fuzzy time series for prediction of electric energi consumption. The data of electric energi consumption is chosen because it has the right characteristic that is included in the trend data class. In the test section performed using test while using the traning data as much as the total amount of data 43 produces AFER 9.24. While using the MAPE in the test using the data 14,27%. These results include good criteria.

Keywords: Electrical energi, prediction, *fuzzy time series*, average-based.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu sumber energi dasar yang sangat dibutuhkan oleh manusia untuk menjalankan berbagai aktivitas manusia untuk mempercepat kerja. Energi listrik merupakan salah satu permasalahan global yang saat ini tengah mengemuka di Indonesia. Data ASEAN Centre for Energi(ACE) menyebutkan bahwa Indonesia merupakan negara yang terboros dalam pemakaian listrik di ASEAN. Data ASEAN Centre for Energi(ACE) juga menyebutkan Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi paling besar untuk melakukan penghematan tenaga listrik akibat tingkat pemborosan energi listrik yang relative tinggi selama ini dan pasokan listrik Indonesia dalam status siaga karena cadangan yang tersisa tidak banyak tersedia. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu prediksi untuk mengetahui tingkat permintaan konsumsi listrik di masa mendatang yang semakin naik. Pertumbuhan ekonomi di Indonesia berjalan tanpa adanya hubungan kausalitas uni-directional dan tanpa adanya efek umpan balik dengan demikian, konservasi dapat dimulai memburuknya efek samping ekonomi (yoo, 2006) Prediksi merupakan suatu hal yang harus diperhitungkan untuk masa yang akan datang berdasarkan data-data konsumsi yang ada sebelumnya. Prediksi konsumsi diharapkan akan terealisasi untuk jangka tertentu pada masa yang akan datang, Prediksi konsumsi tersebut akan menjadi masukan yang sangat penting dalam mengambil keputusan perencanaan dan pengendalian (Nasution, 2008).

Kegiatan prediksi memerlukan penerapan metode yang optimal dalam menghasilkan suatu prediksi konsumsi. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat permintaan yang akan datang dan meminimumkan kesalahan pada perhitungan prediksi. Apabila nilai prediksi kurang tepat, maka menyebabkan ketidaksesuaian keputusan perencanaan dan pengendalian. Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan sistem yang mampu menghasilkan akurasi yang tepat dalam meramalkan konsumsi energi listrik di Indonesia pada masa yang akan datang.

Ada beberapa teknik *soft computing* yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi data diantaranya yaitu *algoritma genetika*, *neural network*, dan *fuzzy time series*. Data pada model-model komplek yang berhubungan dengan model non linier *time series*. Teknik *soft computing* dapat bekerja baik dalam aproksimasi pada fungsi-fungsi kontinyu, kemampuan

optimasi, dan toleransi ketidakpastian (Lamabelawa, 2011)

Dari paparan diatas, maka penulis memiliki ide untuk melakukan sebuah penelitian dengan judul “Penerapan Metode Average-Based Fuzzy Time Series Pada Kasus prediksi Konsumsi Energi Listrik”. Penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Time Series untuk memprediksi konsumsi listrik di Negara Indonesia.

Fuzzy Time Series merupakan metode yang digunakan untuk prediksi atau prediksi. Kelebihan metode fuzzy time series adalah tidak membutuhkan asumsi-asumsi dibandingkan dengan metode prediksi lainnya. Prediksi dengan menggunakan fuzzy time series ini bekerja menyimpan data di masa lampau kemudian di peroses dan akan menghasilkan nilai baru yang akan ditampilkan di masa mendatang. Keluaran yang dihasilkan berupa grafik dan hasil dari prediksi tersebut. Metode time series prosesnya tidak terlalu rumit sehingga mudah untuk dikembangkan.

Ada banyak penelitian yang sudah dilakukan terkait dengan prediksi menggunakan metode time series, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Sun Xihao dan Li Yimin yang memprediksi Shanghai compound index dengan menggunakan metode *average fuzzy time series models*. Perbedaan metode average-based fuzzy time series models dengan metode fuzzy time series terletak pada jumlah himpunan *fuzzy* yang akan digunakan yaitu ditentukan menurut interval berbasis rata-rata. Dalam penelitian tersebut, Sun Xihao dan Li Yimin membandingkan hasil prediksi menggunakan metode average-based fuzzy time series models dengan metode weighted fuzzy time series models. Hasil penelitian tersebut menunjukan metode average-based fuzzy time series models memiliki Mean Square Error(AFER) lebih kecil dari pada menggunakan metode weighted fuzzy time series models yaitu 292,3 untuk average-based fuzzy time series models dan 436,2 untuk weuihted fuzzy time series models.

Penelitian lain yang dilakukan dengan menggunakan metode average-based fuzzy time series adalah penelitian yang dilakukan Angga Depi Purwanto dengan Penerapan Metode Fuzzy Time Series Average-Based untuk Prediksi Data Harian Penampungan Susu. Berdasarkan hasil penelitian tersebut didapatkan nilai AFER terkecil yaitu 0,986 dan nilai AFER terkecil sebesar 0,0034 (Purwanto, 2013).

Hasil dari kedua penelitian tersebut membuktikan bahwa metode *average-based fuzzy time series models* memiliki akurasi yang tinggi. Tingkat akurasi metode *average-based fuzzy time series models* menunjukkan bahwa metode tersebut dapat digunakan untuk memprediksi konsumsi energi listrik Indonesia.

Oleh karena itu judul yang diambil dalam penelitian ini adalah “Penerapan metode *average-based fuzzy time series* untuk prediksi konsumsi energi listrik Indonesia”. Dalam penelitian lebih menekankan pada penerapan metode *average-based fuzzy time series* dengan mengukur nilai eror dan akurasi yang dihasilkan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mempermudah dalam prediksi konsumsi energi listrik Indonesia.

2. DASAR TEORI

1. Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series memiliki perbedaan dengan konvensional time series yaitu pada nilai yang digunakan dalam prediksi yang merupakan himpunan fuzzy dari bilangan-bilangan *real* atas himpunan semesta yang ditentukan (Purwanto, 2013).

2. Average-Based Fuzzy Time Series

Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan proses prediksi menggunakan metode *average-based fuzzy time series models* adalah sebagai berikut (Tanjung, 2012):

1. Menentukan himpunan semesta dari data historis kemudian membaginya menjadi beberapa sub-himpunan menggunakan metode *average-based length*.
2. Mendefinisikan himpunan *fuzzy*.
3. Menentukan derajat keanggotaan setiap data.
4. Mengubah data kedalam nilai linguistic *fuzzy*.
5. Menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR).
6. Menentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG).
7. Prediksi FLRG dan defuzzifikasi prediksi.

2.1 Average-Based Length

Average-based length berpengaruh dalam penentuan jumlah himpunan *fuzzy* yang digunakan dalam proses prediksi dengan metode *average-based fuzzy time series models*. Langkah-langkah dalam menentukan interval

menggunakan metode *average-based length* adalah sebagai berikut (Xihao, Yimin, 2008) :

1. Hitung seluruh selisih absolute antara $D_t - 1$ dan D_t ($t=1, \dots, n$). D merupakan data aktual. Dan t merupakan periode.
2. Menghitung nilai rata-rata hasil kalkulasi seluruh selisih absolut.
3. Ambil setengah nilai dari rata-rata absolute.
4. Berdasarkan nilai yang diperoleh pada langkah 3, tetapkan basis nilai tersebut sesuai dengan tabel 1.
5. Bulatkan nilai yang diperoleh pada langkah 3 sesuai dengan basis yang ada pada tabel 1 untuk mendapatkan *average-based length*.

Tabel 1 Pemetaan Basis Prediksi

Range	Basis
0.1-10	0.1
1.1-10	1
11-100	10
101-1000	100

2.2 Himpunan Fuzzy

Setelah melakukan pembagian himpunan semesta menjadi beberapa sub himpunan menggunakan metode *average-based length*, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan himpunan *fuzzy*.

2.3 Fuzzy Logical Relationship (FLR)

Jika terdapat relasi $R(t, t+1)$ sehingga $A_i(t+1) = A_i(t) \times R(t, t+1)$ dengan symbol \times merupakan operator maka $A_i(t+1)$ disebabkan oleh $A_i(t)$. dari pernyataan tersebut, maka FLR yang ada antara $A_i(t+1)$ dan $A_i(t)$ dinotasikan sebagai berikut (Xihao, Yimin 2008) :

$$A_i(t) \rightarrow A_i(t+1) \quad (1)$$

Dari notasi pada persamaan 1, $A_i(t)$ disebut sebagai “sisi kiri” dan $A_i(t+1)$ disebut sebagai “sisi kanan”.

2.4 Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

FLRG pada metode *average-based fuzzy time series models* merupakan proses mengeliminasi FLR yang berulang dan menggabungkan FLR dengan sisi kiri yang sama ke dalam satu group. Pada persamaan 2. Sisi kiri A_i dapat dinyatakan FLRG sebagai berikut (Xihao, Yimin 2008):

$$\left. \begin{array}{l} A_i \rightarrow A(i+1) \\ A_i \rightarrow A(i+1) \\ A_i \rightarrow A(i+2) \\ A_i \rightarrow A(i+3) \end{array} \right\} A \rightarrow A(i+1), A(i+2), A(i+3) \quad (2)$$

2.5 Prediksi dan Defuzzifikasi

Prediksi dengan menggunakan metode *average-based fuzzy time series models* merupakan prediksi yang ditentukan dari FLRG. Jika terdapat FLRG sebagai berikut $A_i \rightarrow A(i+1)$, $A(i+2)$, maka dapat ditentukan data aktual pada periode t fuzzified di sekitar himpunan fuzzy $A(i+1)$ dan $A(i+2)$ (Xihao, Yimin 2008).

Setelah itu, langkah selanjutnya adalah defuzzifikasi, yang merupakan cara untuk mendapatkan hasil nilai crisp dari himpunan fuzzy. Defuzzifikasi yang dilakukan pada metode *average-based fuzzy time series models* adalah sebagai berikut (Xihao, Yimin 2008) :

1. Apabila hasil fuzzifikasi data periode t adalah A_i dan hanya ada satu FLR dengan sisi kiri seperti berikut $A_i \rightarrow A(i+1)$, maka A_i dan $A(i+1)$ merupakan himpunan fuzzy dan nilai maksimum derajat keanggotaan fuzzy $A(i+1)$, terdapat pada himpunan $u(i+1)$ dan midpoint dari $u(i+1)$ adalah m_1 , maka hasil prediksi untuk periode $T+1$ adalah m_1 .
2. Apabila hasil fuzzifikasi data pada periode t adalah A_i dan terdapat beberapa FLR dengan sisi kiri adalah A_i pada FLRG seperti berikut $A_i \rightarrow A(i+1)$, $A(i+2)$, $A(i+3)$, maka A_i , $A(i+1)$, $A(i+2)$, $A(i+3)$ merupakan himpunan fuzzy. Nilai maksimum keanggotaan fuzzy $A(i+1)$ terdapat pada himpunan $U(i+1)$, nilai maksimum keanggotaan fuzzy $A(i+2)$ terdapat pada himpunan $U(i+2)$, nilai maksimum keanggotaan fuzzy $A(i+3)$ terdapat pada himpunan $U(i+3)$. Nilai tengah atau midpoint dari $U(i+1)$, $U(i+2)$, $U(i+3)$, adalah m_1 , m_2 , m_3 . Hasil prediksi untuk periode $t+1$ adalah nilai rata-rata dari m_1 , m_2 , m_3 atau $(m_1+m_2+m_3)/3$.
3. Apabila hasil fuzzifikasi data pada periode t adalah A_i dan tidak terdapat FLR dengan sisi kiri adalah A_i pada FLRG dimana A_i merupakan nilai maksimum keanggotaan fuzzy-nya terdapat pada himpunan u_i dan nilai tengah atau midpoint dari u_i adalah m_i , maka hasil prediksi untuk periode $t+1$ adalah m_i .

Metode *average-based fuzzy time series models* mempunyai model interval berbasis nilai

rata-rata yang secara terstruktur dapat menentukan jumlah himpunan fuzzy yang akan digunakan sistem, dibandingkan dengan *fuzzy time series* pada penelitian yang sebelumnya menentukan himpunan fuzzy secara acak dan tidak terstruktur yang menjadikan sistem komputasi menjadi agak rumit (Tanjung, 2012)

2.6 Energi Listrik

Listrik merupakan salah satu sumber energi utama yang digunakan hampir pada seluruh aspek kehidupan. Kebutuhan energi listrik semakin berkembang seiring kemajuan pembangunan di bidang teknologi, industri, dan informasi. Energi listrik adalah energi yang berkaitan dengan akumulasi arus electron, dinyatakan dalam watt-jam atau kilowatt-jam. Energi listrik adalah energi akhir yang dibutuhkan peralatan listrik untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, pemanas, pendingin ruangan, ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan energi lain.

3. PERANCANGAN

3.1 Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series memiliki perbedaan dengan konvensional time series yaitu pada nilai yang digunakan dalam prediksi yang merupakan himpunan fuzzy dari bilangan-bilangan *real* atas himpunan semesta yang ditentukan (Purwanto, 2013).

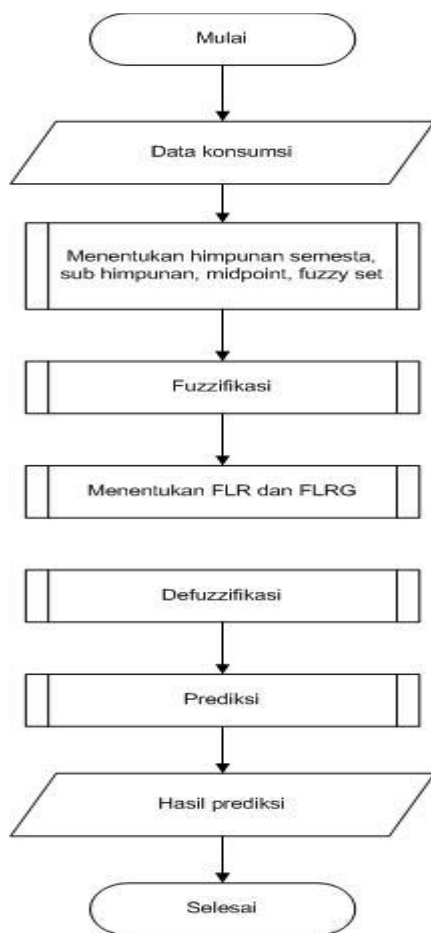
3.2 Average-Based Fuzzy Time Series

Proses perhitungan prediksi konsumsi energi listrik menggunakan metode fuzzy time series *average-based interval* diantaranya adalah gambaran umum metode *fuzzy time series*, menghitung semesta pembicara dan himpunan fuzzy, fuzzifikasi data time series, membentuk fuzzy logic relationship dan fuzzy logic relationship group, defuzzifikasi hasil prediksi.

Adapun gambaran umum proses prediksi produksi padi menggunakan metode *fuzzy time series average-based* ditunjukkan dengan tahap sebagai berikut:

1. Data *inputan* yang diperlukan dalam perhitungan prediksi
2. Menghitung semesta pembicara dan himpunan fuzzy. Dalam tahap ini akan dicari basis interval, panjang interval, dan

- jumlah interval. Panjang interval di cari untuk mencari himpunan fuzzy.
3. Fuzzifikasi data time series berdasarkan nilai keanggotaan terbesar.
 4. Membentuk fuzzy logic relationship dari hasil fuzzifikasi, setelah diperoleh nilai *current state* dan *next state* dari *fuzzy logic relationship*, *fuzzy logic relationship* dikelompokkan menjadi *fuzzy logic relationship group*.
 5. *Fuzzy logic relationship group* dihitung untuk mendapatkan nilai defuzzifikasinya.
 6. Hasil dari defuzzifikasi merupakan data hasil prediksi.
 7. Hasil prediksi merupakan hasil akhir.



Gambar 1 Perancangan Sistem

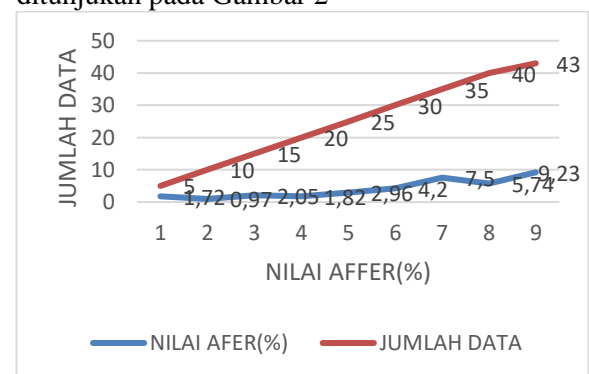
4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Hasil pengujian dan analisis dari sistem prediksi dengan menggunakan metode *average-based fuzzy time series* untuk konsumsi listrik di Indonesia.

Berikut ini merupakan hasil pengujian yang didapatkan berdasarkan perancangan pengujian pada Bab perancangan

Pada pengujian pertama dilakukan pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah jumlah data mempengaruhi nilai AFER. Pada pengujian ini dilakukan pengujian sebanyak sembilan kali yaitu dengan jarak menggunakan data yang berbeda dari tahun 1971-2013 untuk memprediksi tahun 2014.

Berdasarkan Tabel hasil pengujian skenario 1 dapat disimpulkan bahwa nilai AFER tertinggi terjadi pada pengujian dengan sebanyak 43 data dari tahun 1971 sampai tahun 2013. Sedangkan nilai AFER terendah terjadi pada pengujian dengan sebanyak 10 data dari tahun 2004-2013. Dari hasil tersebut maka bisa disimpulkan grafik yang diperoleh adalah naik turun, namun cenderung naik. Penurunan nilai AFER terjadi pada pengujian dengan sebanyak 10, 20, dan 40 data. Sedangkan kenaikan nilai AFER terjadi pada pengujian dengan sebanyak, 15, 25, 30, 35, dan 43 data. Grafik hasil pengujian skenario 2 ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2 Pengujian jumlah data dan nilai AFER.

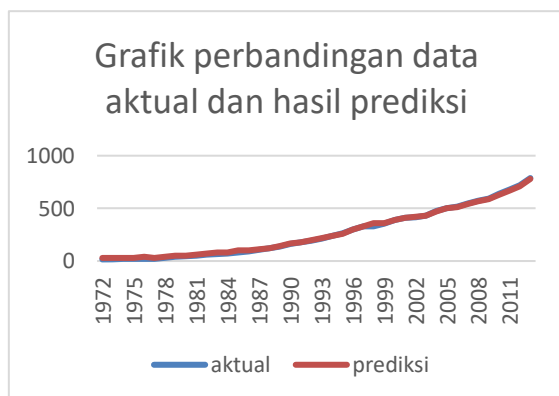
Berdasarkan grafik pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa jumlah data mempengaruhi nilai AFER. Berdasarkan grafik diatas pola yang didapatkan adalah naik turun dan cenderung naik, maka bisa ditarik kesimpulan bahwa semakin banyak data maka semakin tinggi nilai AFER. Hal ini disebabkan karena range nilai data jumlah penduduk pada tahun awal dengan nilai data jumlah penduduk satu tahun sebelum prediksi cukup besar.

Pengujian kedua dilakukan pengujian MAPE untuk menentukan masuk kriteria sangat baik, baik, cukup baik, dan buruk.

Berdasarkan hasil pengujian skenario 2 didapatkan hasil MAPE total 5.993713841. Hasil tersebut di bagi dengan jumlah data kemudian di kali 100% maka hasil nya 14.27%. Berdasarkan pada tabel 2.4 hasil tersebut termasuk kriteria baik karena termasuk kategori MAPE diantara rentang 10-20%.

Pada pengujian ketiga dilakukan pengujian bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh kemiripan hasil prediksi dari sistem dengan data aktual. Pada pengujian ini dilakukan pengujian sebanyak 43 dari tahun 1971-2013.

Berdasarkan hasil pengujian skenario 3 dapat disimpulkan bahwa selisih data aktual dengan prediksi semakin mendekati kemiripan jika selisih data dengan data sebelumnya memiliki selisih yang banyak. Hal itu bisa dibuktikan dengan 10 tahun pertama yang memiliki perbandingan data aktual dan data hasil prediksi yang masih cukup jauh kemiripannya, karena pada rentang 10 tahun pertama tersebut memiliki selisih data yang masih sedikit dengan data yang lain. Namun dengan bertambahnya tahun dan bertambahnya selisih data maka hasil perbandingan data aktual dengan data prediksi semakin mendekati kemiripan. Grafik perbandingan data aktual dengan data prediksi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Perbandingan data aktual dan hasil prediksi.

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa data aktual dan hasil prediksi memiliki perbandingan yang tidak jauh berbeda. Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil prediksi hampir mendekati nilai dengan data aktual dan selisih sedikit.

5. KESIMPULAN

Bab ini membahas kesimpulan dari hasil penelitian beserta saran yang dapat digunakan dalam pengembangan penelitian yang lebih lanjut tentang penerapan metode average-based fuzzy time series untuk prediksi konsumsi listrik di Indonesia.

Berdasarkan hasil penelitian tentang penerapan metode average-based fuzzy time

series untuk prediksi konsumsi listrik di Indonesia bisa disimpulkan bahwa:

1. Penerapan metode average-based fuzzy time series untuk prediksi konsumsi listrik di Indonesia dilakukan dengan beberapa proses. Proses yang pertama adalah perhitungan panjang interval yang didapatkan dari selisih data tahun tertentu dikurangi data tahun sebelumnya, kemudian setelah mendapatkan panjang interval didapatkan sub himpunan dan midpoint, kemudian setelah itu ada proses fuzzy set dan derajat keanggotaan, proses fuzzifikasi dari derajat keanggotaan terbesar, kemudian tentukan flr dan mencari flrg dari flr current state yang sama, selanjutnya perhitungan defuzzifikasi dari flr dan flrg, dan proses terakhir adalah melakukan penentuan hasil prediksi berdasarkan nilai defuzzifikasi.
2. Hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan nilai AFER sebesar 9.24 ditunjukkan bahwa metode ini memiliki tingkat error rata-rata yang sedikit, sehingga memiliki nilai akurasi yang baik.
3. Hasil MAPE yang dihasilkan 14.27%. Hasil tersebut termasuk kriteria baik karena termasuk kategori MAPE 10% - 20%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Lamabelawa, M. I. J.. 2011. Metode Fuzzy Time Series untuk Prediksi Data Runtun Waktu (Studi kasus: Produk Domestik Bruto Indonesia). [Tesis]. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada.
- Nasution, Hakim, A, Prasetyawan, Y. 2008. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Graha ilmu, Yogyakarta.
- Purwanto, Angga Devi. 2013. Penerapan Metode Fuzzy Time Series Average-Based pada Prediksi Data Hari Penampungan Susu. Skripsi. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.
- Xihaou. Sun., Yimin, Li. 2008. Average-Based Fuzzy Time Series Models for Forecasting Shanghai Compound Index. ISSN 1 746-7233, England, UK. World Journal of Modelling and Simulation Vol.4 (2008) No.2, pp. 104-111.
- Yoo, Seung-Hoon. 2006. The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries. *Energy Policy*; 34:3573–82.