

# Intelligent Fuzzy Logic - Cuckoo Search Algorithm Method for Short-Term Electric Load Forecasting in 150 kV Sulselrabar System

Muhammad Ruswandi Djalal<sup>1</sup>, Faisal<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang  
Jalan Perintis Kemerdekaan km.10, Makassar

[1wandi@poliupg.ac.id](mailto:1wandi@poliupg.ac.id)

[2faisall@poliupg.ac.id](mailto:2faisall@poliupg.ac.id)

## Abstrak

Peramalan beban listrik menjadi hal yang penting, karena dapat memperkirakan konsumsi listrik pada rentang waktu tertentu. Ketelitian dalam peramalan beban listrik dapat meningkatkan keamanan dan kehandalan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik seperti pengiriman daya (load flow), pemeliharaan unit pembangkit dan penjadwalan unit pembangkit. Pada penelitian ini digunakan studi kasus sistem Sulselrabar, yang saat ini semakin berkembang, namun masih belum banyak yang membahas tentang kondisi sistem saat ini dan yang akan datang. Beberapa metode untuk memprediksi beban listrik sudah banyak digunakan, mulai dari konvensional sampai berbasis metode cerdas. Pada penelitian ini akan diusulkan metode kecerdasan buatan untuk peramalan beban Jangka Pendek pada sistem Sulselrabar. Metode yang digunakan adalah berbasis Fuzzy Logic dan Cuckoo Search Algorithm. Kombinasi metode Fuzzy logic dan Cuckoo Search dipilih karena kombinasi keduanya menghasilkan optimasi derajat keanggotaan fuzzy logic yang optimal, sehingga hasil peramalan memiliki error yang sangat kecil. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa hasil peramalan beban dengan menggunakan metode Fuzzy Logic yang dioptimasi menggunakan Cuckoo Search Algorithm (FL-CSA) lebih baik dibandingkan dengan Fuzzy Logic yang tidak dioptimasi. Hasil analisa menggunakan data input 3 bulan sebelum hari H, untuk meramal beban selama satu minggu pada tanggal 1 januari sampai 7 januari 2014, dan sebagai pembanding digunakan data hari H yang diramal. Dari hasil simulasi menunjukkan mean absolute percentage error (MAPE) lebih kecil menggunakan FLCSA, untuk MAPE yang paling kecil pada 1 januari 2014 sebesar 0,06785208%. Sedangkan MAPE tertinggi pada tanggal 4 Januari 2014 sebesar -0,44973%.

**Kata kunci :** Short-Term Forecasting, Fuzzy Logic, Cuckoo Search Algorithm, MAPE (Mean Absolute Percentage Error (MAPE)).

## Abstract

Forecasting the electrical load becomes important, because it can estimate electricity consumption over a certain time range. Accuracy in electric load forecasting can improve safety and reliability in the operation of power systems such as load flow, maintenance of generating units and scheduling of generating units. In this study used case study system Sulselrabar, which is currently growing, but still not much to discuss about the condition of the current system and which will come. Several methods for predicting electrical loads have been widely used, ranging from conventional to smart-based methods. In this research will be proposed method of artificial intelligence for forecasting Short Term load on Sulselrabar system. The method used is based Fuzzy Logic and Cuckoo Search Algorithm. The combination of Fuzzy logic and Cuckoo Search methods is chosen because the combination of both optimizes optimum fuzzy logic membership, so the forecasting results have a very small error. From the results of the research can be concluded that the result of load forecasting using Fuzzy Logic method optimized using Cuckoo Search Algorithm (FL-CSA) is better than Fuzzy

*Logic that is not optimized. The analysis results using input data 3 months before day H, to predict the load for one week on January 1 to 7 January 2014, and as a comparison used the predicted day H data. From the simulation results, the mean absolute percentage error (MAPE) is smaller using FLCSA, for the smallest MAPE on 1 January 2014 of 0.06785208%. While the highest MAPE on January 4, 2014 amounted to -0.44973%.*

**Keywords :** Short-Term Forecasting, Fuzzy Logic, Cuckoo Search Algorithm, MAPE (Mean Absolute Percentage Error (MAPE.)

## 1. Pendahuluan

Pemanfaatan energi listrik memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Energi listrik tersebut banyak digunakan pada beberapa sektor seperti pelayanan publik, perhotelan, industri dan masih banyak lagi. Peramalan beban listrik menjadi hal yang penting, karena dapat memperkirakan konsumsi listrik pada rentang waktu tertentu. Ketelitian dalam peramalan beban listrik dapat meningkatkan keamanan dan keandalan dalam pengoperasian sistem tenaga listrik seperti pengiriman daya (*load flow*), pemeliharaan unit pembangkit dan penjadwalan unit pembangkit.

Pada penelitian ini digunakan studi kasus sistem Sulselrabar, yang saat ini semakin berkembang, namun masih belum banyak yang membahas tentang kondisi sistem saat ini dan yang akan datang. Beberapa metode untuk memprediksi beban listrik sudah banyak digunakan, mulai dari konvensional sampai berbasis metode cerdas. Pada penelitian ini akan diusulkan metode kecerdasan buatan untuk peramalan beban Jangka Pendek pada sistem Sulselrabar. Metode yang digunakan adalah berbasis *Fuzzy Logic* dan *Cuckoo Search Algorithm*. Kombinasi metode *Fuzzy logic* dan *Cuckoo Search* dipilih karena kombinasi keduanya menghasilkan optimasi derajat keanggotaan *Fuzzy Logic* yang optimal, sehingga hasil peramalan memiliki *error* yang sangat kecil.

Penelitian mengenai peramalan beban jangka pendek sebelumnya sudah banyak dilakukan, terutama teknik peramalan beban menggunakan metode cerdas. Penggunaan metode cerdas berbasis *Fuzzy Logic* sudah banyak dilakukan pada bidang peramalan beban listrik, diantaranya pada penelitian [1-6], telah menggunakan metode ini untuk optimasi peramalan beban, namun pada penelitian ini *Fuzzy Logic* masih belum sepenuhnya dioptimalkan untuk peramalan beban, hal tersebut dikarenakan *membership function* (derajat keanggotaan *fuzzy*) masih menggunakan *trial-error* atau belum dioptimasi. Pada penelitian [7, 8], adalah beberapa penelitian peramalan beban listrik yang telah dilakukan di sistem kelistrikan 150 kV Suawesi Selatan, Tenggara dan Barat (Sulselrabar). Peramalan beban hari libur nasional menggunakan *Radial Basis Function (RBF) Neural Network* [7], telah membahas peramalan beban listrik jangka pendek sistem sulselrabar untuk hari libur nasional dari tahun 2003-2011. Estimasi kebutuhan daya listrik Sulawesi Selatan sampai tahun 2017 menggunakan metode konvensional *regresi linier*[8]. Metode peramalan beban menggunakan metode *Cuckoo Search Algorithm* telah ada dilakukan sebelumnya [9, 10]. Penelitian ini akan diusulkan metode algoritma *cuckoo search* sebagai optimasi untuk *membership function fuzzy logic*, sehingga hasil yang diharapkan akan semakin optimal. Penggunaan metode *cuckoo search* juga semakin banyak digunakan dalam bidang ketenagalistrikan, diantaranya [11, 12], dimana metode *cuckoo search* digunakan untuk mengoptimasi *controller* PID pada Motor DC, *Load Frequency Control (LFC)* dan optimasi penempatan *Power System Stabilizer (PSS)* pada sistem Sulselrabar.

## 2. Fuzzy Logic-Cuckoo Search Algorithm

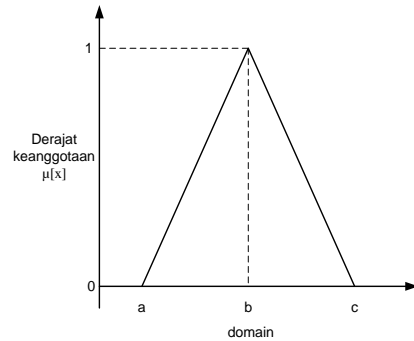
### 2.1. Fuzzy Logic

#### 2.1.1. Representasi Fungsi Segitiga

Fungsi keanggotaan kurva segitiga didefinisikan dengan Persamaan berikut dan Parameter a dan c menyatakan "kaki" dari segitiga, sedang b menyatakan "puncak" dari segitiga dapat dilihat pada Gambar berikut [2].

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases}$$

$$f(x, a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right)$$



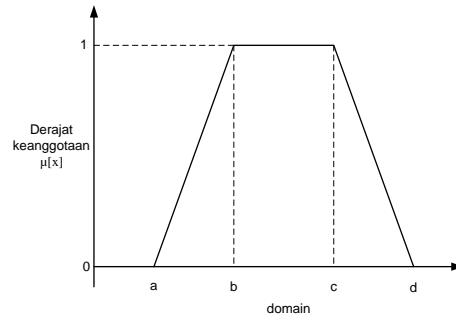
Gambar 1. Persamaan dan Kurva Segitiga

### 2.1.2. Representasi Fungsi Trapezium

Fungsi keanggotaan trapesium didefinisikan dengan Persamaan di bawah ini dan Parameter a dan d menyatakan “kaki” dari trapesium, sedang b dan c menyatakan “bahu” dari *trapezium* [2].

$$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$

$$f(x, a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$



Gambar 2. Persamaan dan Kurva Trapezium

### 2.1.3. Fungsi keanggotaan dan Aturan Fuzzy

Aturan *Fuzzy IF-THEN* digunakan untuk peramalan beban maksimum. Pada paper ini input dari *membership function (antecedent)* yaitu X ,Y dan output *membership function (concequant)* adalah Z untuk peramalan beban jangka pendek mengikuti persamaan 5 dibawah ini

$$IF X \text{ is } A_i \text{ AND } Y \text{ is } B_i \text{ THEN } Z \text{ is } C_i$$

Fuzzy set  $A_i, B_i,$  dan  $C_i$  memiliki sebelas fungsi keanggotaan yaitu : *Negative Very Big (UNVB and LNVB), Negative Big (UNB and LNB), Negative Medium (UNM and LNM), Negative Small (UNS and LNS), Negative Very Small (UNVS and LNVS), Zero (UZE and LZE), Positive Very Small (UPVS and LPVS), Positive Small (UPS and LPS), Positive Medium (UPM and LPM), Positive Big (UPB and LPB), Positive Very Big (UPVB and LPVB).*

### 2.2. Cuckoo Search Algorithm

Algoritma Burung *Cuckoo (Cuckoo Search)* adalah sebuah metode metaheuristik yang diinspirasi dari perilaku/kebiasaan hidup sehari-hari burung *cuckoo* dalam berkembang biak. Metode ini dikembangkan oleh Xin-She Yang dan Deb tahun 2009 dan dapat digunakan sebagai optimisasi suatu permasalahan untuk menentukan nilai optimum global baik minimum maupun maksimum. Terinspirasi dari perilaku burung *cuckoo* ini, sehingga menjadi inspirasi bagi Xin-She Yang dan Deb

dalam menemukan metode baru dalam dunia optimisasi. Selain itu, karena burung tersebut memiliki keunikan yang tidak dimiliki oleh burung lain. *Levy flight* adalah *random walk* yang panjang langkahnya memenuhi distribusi *Levy*. Distribusi *Levy* sendiri memiliki fungsi densitas sebagai berikut,  $\mu > 0$  langkah minimum dan  $\gamma$  adalah parameter skala [13].

$$L(s, \gamma, \mu) = \begin{cases} \sqrt{\frac{\gamma}{2\pi}} \exp\left[-\frac{\gamma}{2(s-\mu)^{3/2}}\right] \frac{1}{(s-\mu)^{3/2}}, & 0 < \mu < s < \infty \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

### 2.2.1. Random Walks

*Random walks* adalah suatu proses yang terdiri dari serangkaian langkah acak yang berurutan.

$$Y_N = \sum_{i=1}^N K_i = K_1 + \dots + K_N = \sum_{i=1}^{N-1} K_i + K_N = Y_{N-1} + K_N \quad (2)$$

## 3. Peramalan Beban Jangka Pendek Menggunakan *Fuzzy Logic-Cuckoo Search Algorithm*

### 3.1. Pre-processing Data Beban Sistem Kelistrikan Sulselrabar

*Pre-processing* data pertama yaitu menghitung *MaxWD* (*i*) yaitu beban maksimum rata-rata dari empat hari sebelum hari libur didapatkan dari persamaan sebagai berikut [2] :

$$MaxWD_{(i)} = \frac{WD_{(i)h-4} + WD_{(i)h-3} + WD_{(i)h-2} + WD_{(i)h-1}}{4} \quad (3)$$

*Load Differences* (*LDs*) untuk beban maksimum pada beban hari libur didapatkan dari perbedaan antara (*MaxSD*) and *MaxWD*.

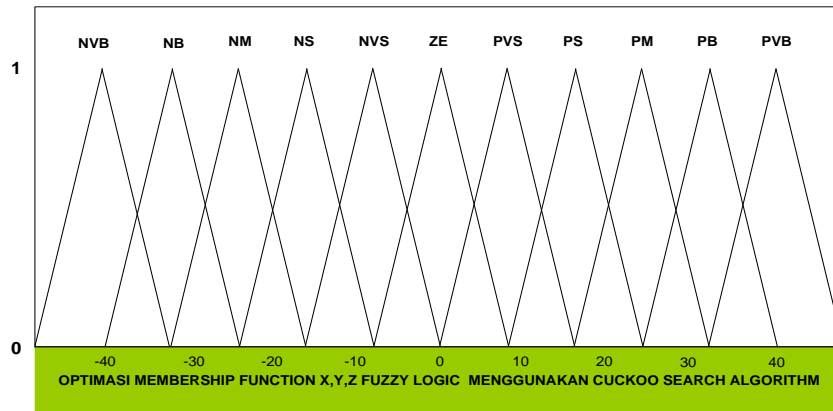
$$LD_{MAX}(i) = \frac{MaxSD(i) - MaxWD(i)}{MaxWD(i)} \times 100 \quad (4)$$

*Typical Load Differences* (*TLDs*) didapatkan dari merata-rata beban khas pada tipe hari libur yang sama dari *historical* data beban. *TLDs* digunakan sebagai dasar untuk peramalan beban maksimum. *The Variation of Load Differences* (*VLDs*) didefinisikan sebagai perbedaan antara perilaku beban hari libur dengan tipe perilaku beban hari libur pada tipe hari libur yang sama *VLDs* dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$VLD_{max}(i) = LD_{max}(i) - TLD_{max}(i) \quad (5)$$

### 3.2. Optimasi *Membership Function Fuzzy Logic* Menggunakan *Cuckoo Search Algorithm*

Desain dari *fuzzifikasi* dari *input* X dan Y menggunakan *IT1MF Editor*, dimana terdapat 2 *trapezoidal membership function* dan 9 *triangular membership functions* dengan *range* antara -48 sampai 48 untuk proses input dan output, kemudian ada 11 model *triangular membership functions* digunakan untuk output Z. Semua nilai *input* X, Y and *output* Z merupakan nilai dari  $VLD_{MAX}(i)$  dimana nilai X adalah hari libur yang sama pada tahun sebelum tahun peramalan, Y adalah hari libur sebelumnya (berdekatan) dalam jenis hari libur yang sama pada tahun peramalan dan Z adalah hari libur yang diramal [2].



Gambar 3. Desain *Membership Function* untuk *Input X,Y,Z* yang dioptimasi dengan *CSA*

### 3.3. Post-processing

Setelah mendapatkan *Forecast VLD<sub>MAX</sub>* maka selanjutnya mencari *Forecast Load Difference* sebagai berikut :

$$Forecast LD_{MAX}(i) = Forecast VLD_{MAX}(i) + TLD_{MAX}(i) \quad (7)$$

Beban Puncak Peramalan (MW) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P'_{MAX} = MaxWD(i) + \frac{(Forecast LD_{MAX}(i) \times MaxWD(i))}{100} \quad (8)$$

Persentase *error* antara nilai peramalan dengan nilai aktual dapat hitung dengan persamaan berikut:

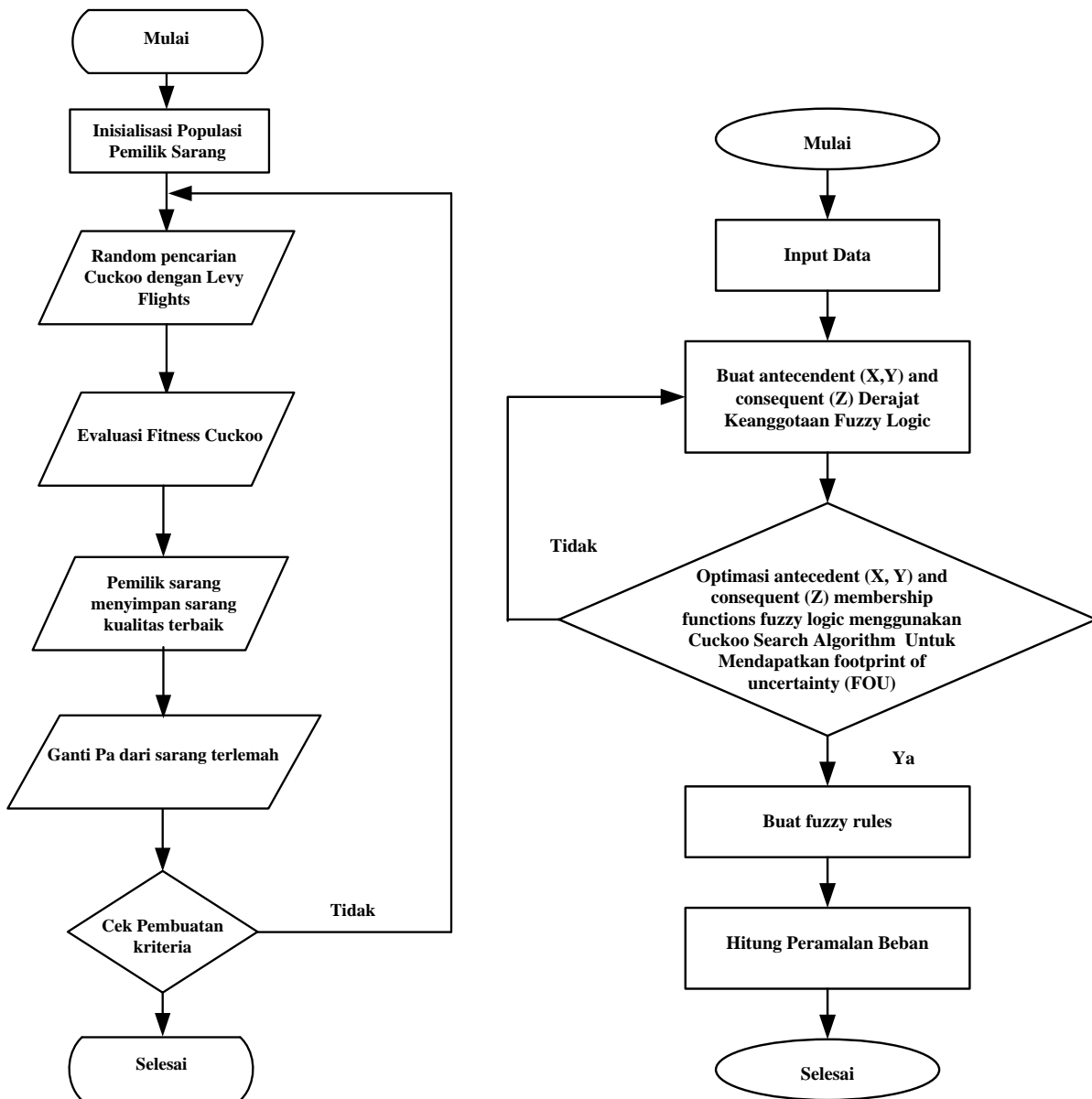
$$Error \% = \left| \frac{P'_{MAX}(i) - MaxSD(i)}{MaxSD(i)} \right| \times 100 \quad (9)$$

## 4. Hasil dan Pembahasan

Optimasi peramalan beban menggunakan *FL-CSA* menggunakan input data tiga bulan sebelum hari H. Dari hasil simulasi menunjukkan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) lebih kecil menggunakan *FL-CSA*, untuk *MAPE* yang paling kecil pada 1 Januari 2014 sebesar 0,06785208%. Sedangkan *MAPE* tertinggi pada tanggal 4 Januari 2014 sebesar -0,44973%. Berikut disajikan untuk hasil *MAPE* terbesar dan terkecil, untuk hasil keseluruhan peramalan dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Tabel 1 menunjukkan parameter algoritma *cuckoo* yang digunakan.

Tabel 1. *Cuckoo Search Algorithm* Parameter

Parameter	Jumlah
Jumlah Sarang	25
Rasio Pencarian Sarang	0.25
Toleransi	1.0 <sup>-5</sup>
Jumlah Parameter	30
Beta	3/2
Iterasi	15



Gambar 4. Diagram Alir Cuckoo Search dan Penelitian

Gambar 4 menunjukkan flowchart algoritma cuckoo dalam mengoptimasi membership function  $X, Y, Z$  fuzzy logic type-1. Algoritma cuckoo disini digunakan sebagai algoritma optimasi membership function fuzzy logic. Algoritma cuckoo dibuat di *m-file matlab* dan memerlukan beberapa parameter. Berikut parameter Cuckoo yang digunakan dapat di lihat pada Tabel 1, seperti : *Discovery rate of alien eggs / solutions* = 0,25; *Number of nests (or different solutions)* = 25; *Beta* = 1,5.

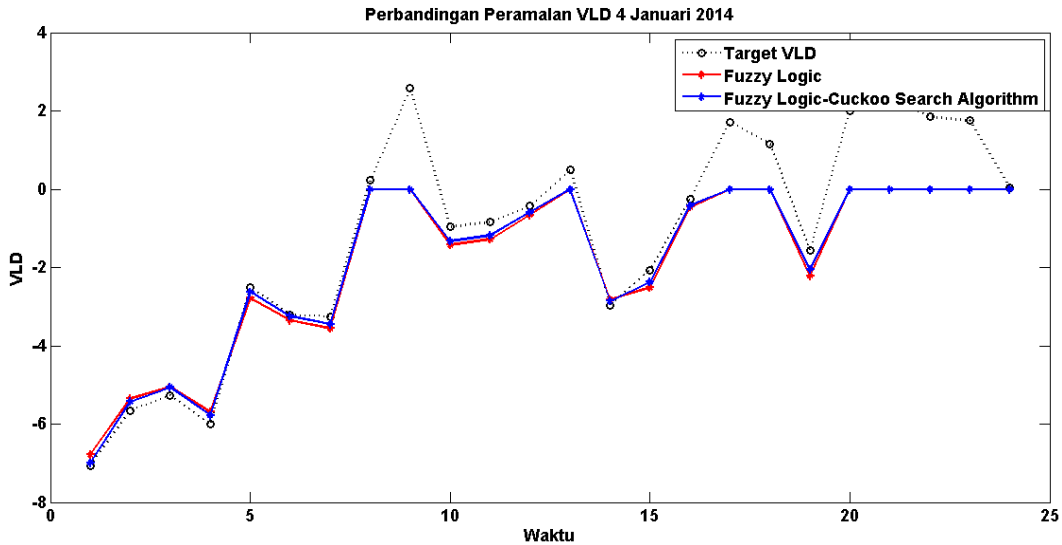
**MAPE Terbesar**

Dari hasil simulasi didapatkan MAPE terbesar pada tanggal 4 January 2014, yaitu sebesar -0.62916 dengan menggunakan FL-CSA. Berikut gambar 5-8 hasil untuk peramalan beban pada tanggal 4

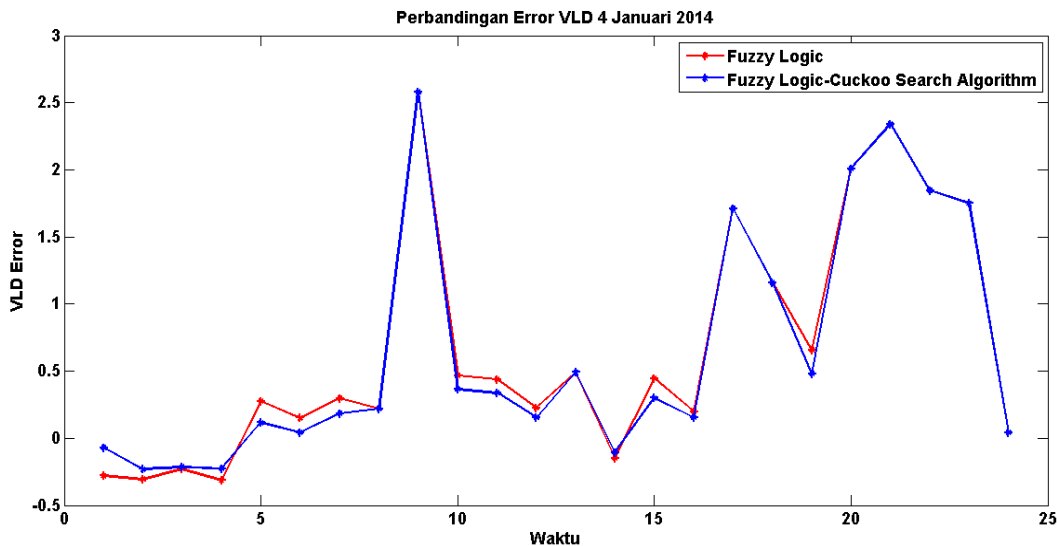
January 2014 untuk masing-masing *Forecast VLD Max*, *Error VLD Max*, *Load Forecasting* & *Error Load Forecasting*.

### MAPE Terkecil

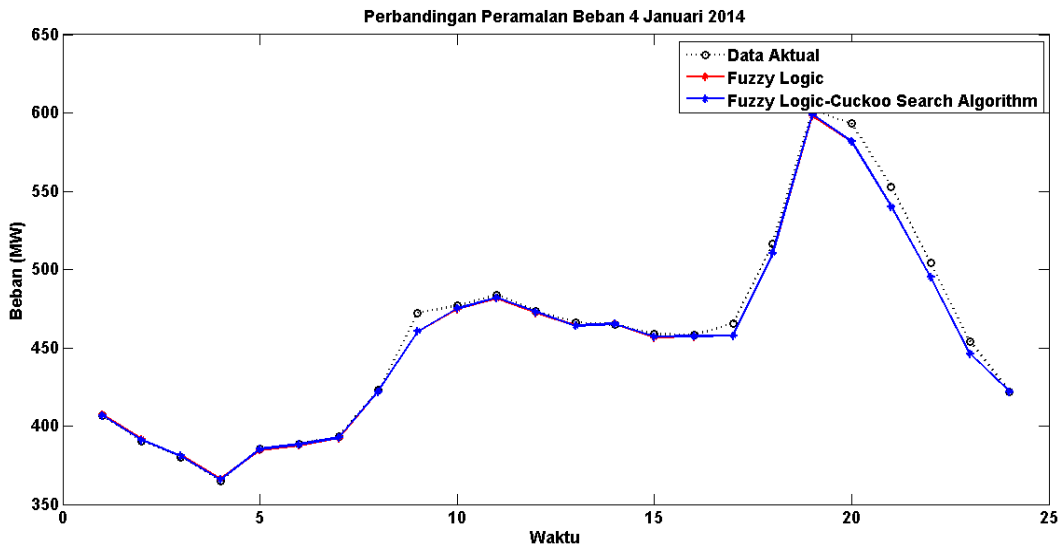
Dari hasil simulasi didapatkan *MAPE* terkecil pada tanggal 1 January 2014, yaitu sebesar 0,06785208%, dengan menggunakan *FL-CSA*. Berikut gambar 9-12 hasil untuk peramalan beban pada tanggal 1 January 2014 untuk masing-masing *Forecast VLD Max*, *Error VLD Max*, *Load Forecasting* & *Error Load Forecasting*.



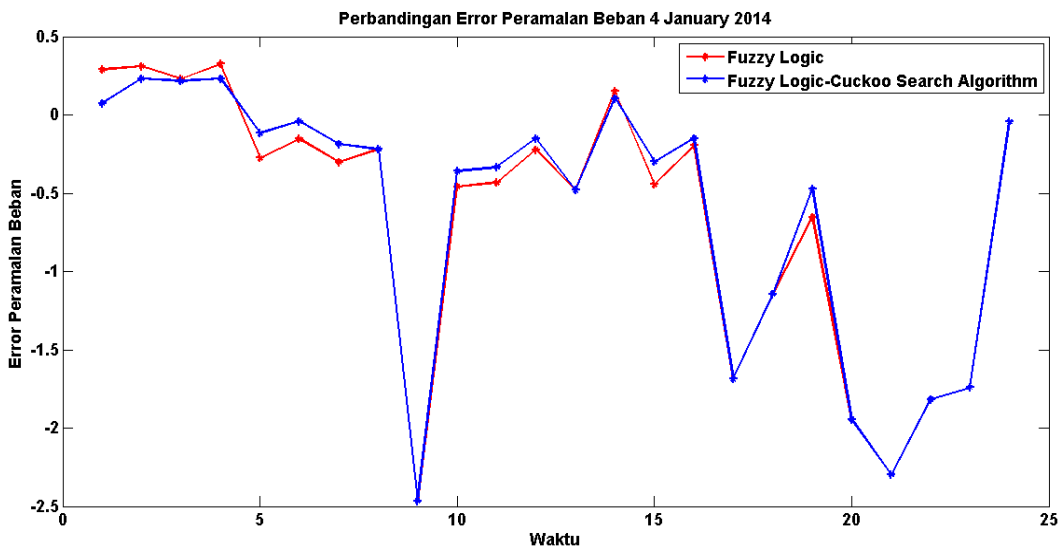
Gambar 5. Perbandingan Hasil Peramalan VLD 4 Januari 2014



Gambar 6. Perbandingan Error Peramalan VLD 4 Januari 2014

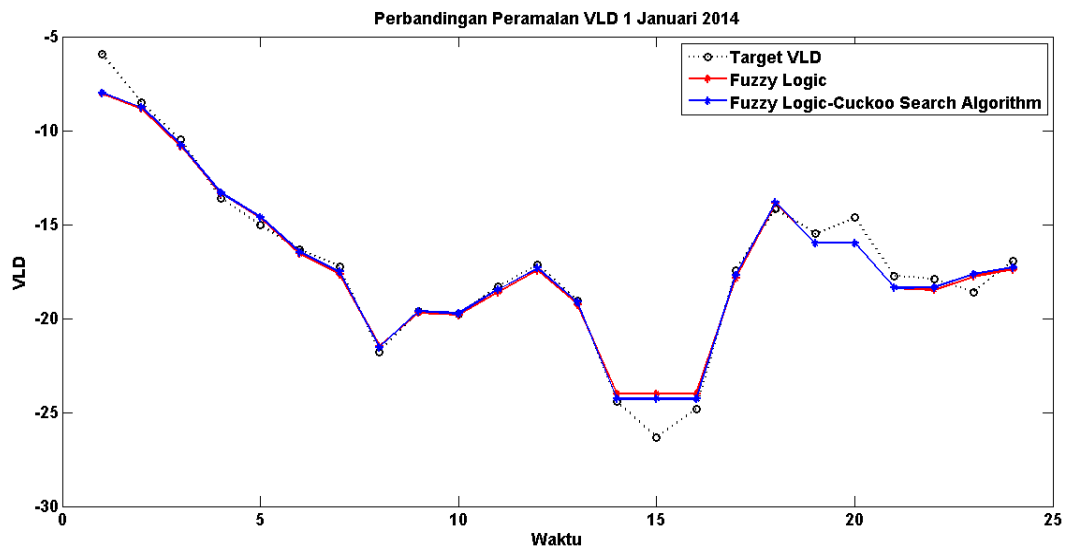


Gambar 7. Perbandingan Hasil Peramalan Beban 4 January 2014

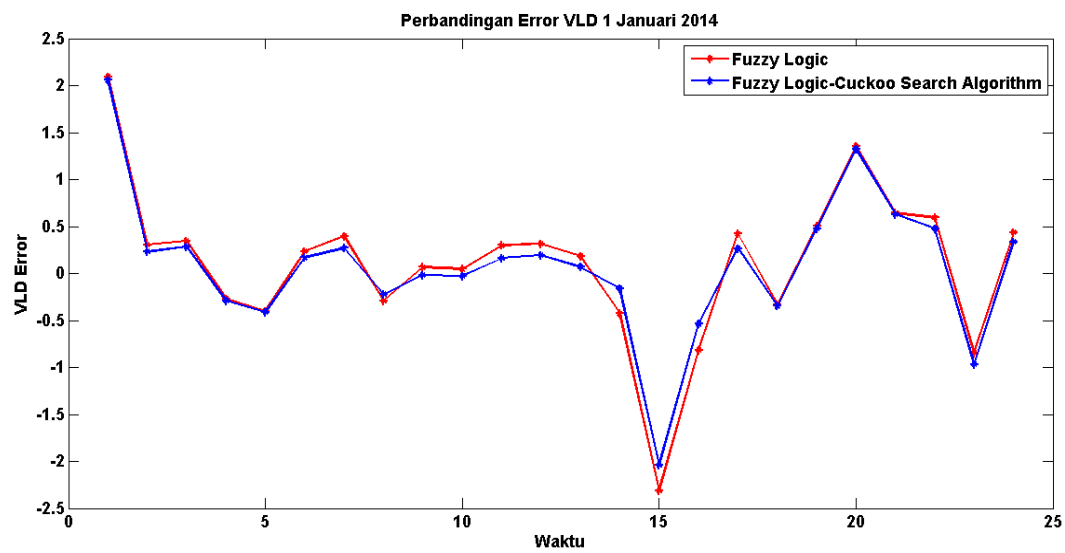


Gambar 8. Perbandingan Error Peramalan Beban 4 Januari 2014

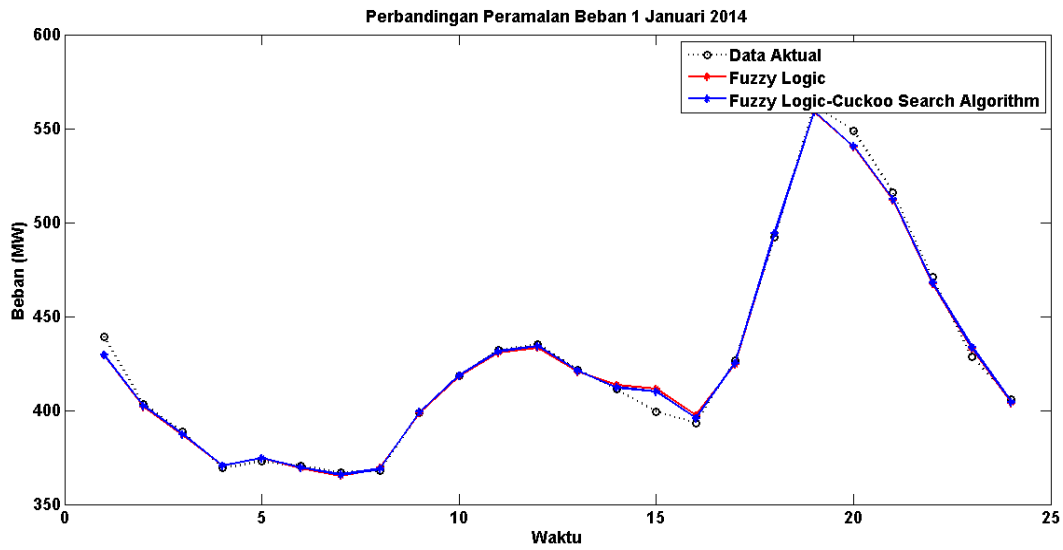




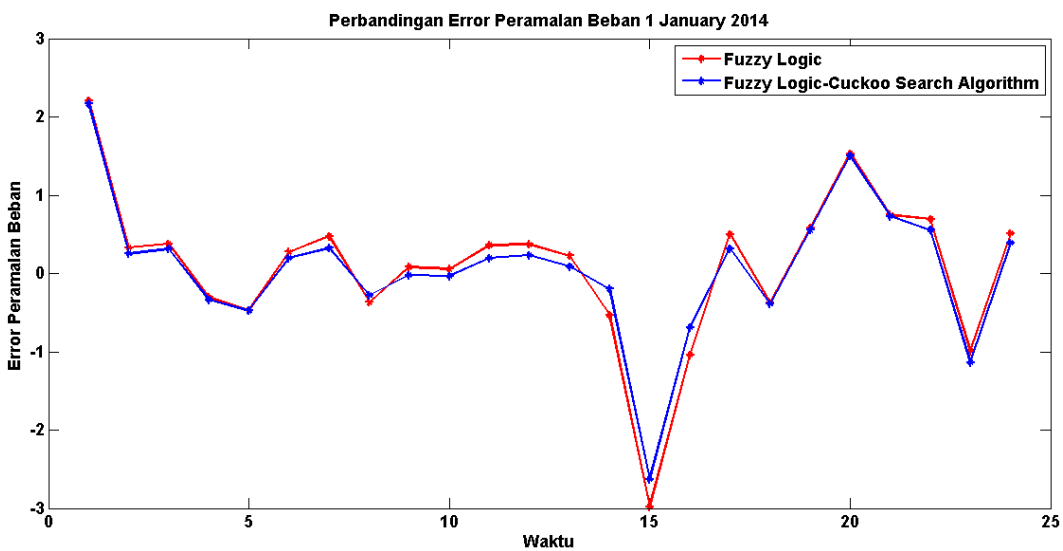
Gambar 9. Perbandingan Hasil Peramalan VLD 1 Januari 2014



Gambar 10. Perbandingan Error Peramalan VLD 1 Januari 2014



Gambar 11. Perbandingan Hasil Peramalan Beban 1 January 2014



Gambar 12. Perbandingan Error Peramalan Beban 1 Januari 2014

Tabel 2 dan 3 menunjukkan hasil peramalan beban selama 24 Jam pada tanggal 1 dan 4 Januari 2014, data input yang digunakan bulan Oktober, November dan Desember 2013, masing-masing 4 hari sebelum hari-H disetiap tanggal yang sama disetiap bulannya. Nilai *error VLD* forecast menggunakan *Fuzzy Logic* sebesar 0.105673 dan dengan menggunakan FL-CSA sebesar 0.080138, sedangkan *MAPE* peramalan beban menggunakan *Fuzzy Logic* sebesar 0.09440529 dan dengan menggunakan FL-CSA sebesar 0.06785208.

### 5. Kesimpulan

Optimisasi *footprint of uncertainty (FOU)* dari *Fuzzy Logic (FL)* menggunakan *Cuckoo Search Algorithm (CSA)* untuk peramalan beban jangka pendek selama 24 jam pada tanggal 1 dan 4 Januari 2014 studi kasus sistem kelistrikan 150kV Sulselrabar Sistem menunjukan nilai *Main Absolute*

*Percentage Error (MAPE)* untuk metode *FL-CSA* lebih kecil dibandingkan dengan metode sebelumnya menggunakan *Fuzzy Logic* tanpa dioptimasi. Nilai *MAPE* terkecil menggunakan metode *FL-CSA* terjadi pada tanggal 1 Januari 2014 yaitu sebesar 0.06785208%. Nilai *MAPE* terbesar pada tanggal 4 Januari 2014 yaitu sebesar 0.09440529%. Nilai *MAPE* tersebut masih dibawah batas nilai toleransi yang diijinkan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, dengan menggunakan metode yang diusulkan, *FL-CSA*, dapat mengoptimalkan peramalan beban listrik.

#### Daftar Pustaka

- [1] A. Dharma, I. Robandi, And M. H. Purnomo, "Application Of Short Term Load Forecasting On Special Days Using Interval Type-2 Fuzzy Inference Systems: Study Case In Bali Indonesia," *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, vol. 49, 2013.
- [2] A. Ramadhani, Agus Dharma, & Imam Robandi, "Optimization FOU of Interval Type-2 Fuzzy Inference System Using Big Bang – Big Crunch Algorithm for Short Term Load Forecasting on National Holiday Case Study: South and Central Kalimantan-Indonesia," *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, vol. 10, pp. 123-130, 2015.
- [3] P. P. Manoj and A. P. Shah, "Fuzzy logic methodology for short term load forecasting."
- [4] D. Ali, M. Yohanna, M. Puwu, and B. Garkida, "Long-term load forecast modelling using a fuzzy logic approach," *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, vol. 18, pp. 123-127, 2016.
- [5] F. Tuaimah, "Iraqi Short Term Electrical Load Forecasting Based On Interval Type-2 Fuzzy Logic," *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index 92, International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, vol. 8, pp. 1255 - 1261, 2014.
- [6] I. C. L. P. C. Taylor, "Memetic Type-2 Fuzzy System Learning for Load Forecasting," 2015.
- [7] A. Imran, "Prediksi Beban Puncak Hari Libur Nasional Berbasis Radial Basis Function Neural Network," *Tesis Unhas*, 2012.
- [8] Harifuddin, "Estimasi Kebutuhan Daya Listrik Sulawesi Selatan Sampai Tahun 2017," *Media Elektrik*, vol. 2, 2007.
- [9] E. H. Chang, G. N. Zhu, and J. W. Chen, "A combined model based on cuckoo search algorithm for electrical load forecasting," in *Applied Mechanics and Materials*, 2015, pp. 278-282.
- [10] F.-A. P. Pooria Lajevardy, Hassan Rashidi, Hossein Rahimi, "A Hybrid Method for Load Forecasting In Smart Grid Based On Neural Networks and Cuckoo Search Optimization Approach," *International Journal of Renewable Energy Resources*, vol. 5, 2015.
- [11] W. Tan, M. Hassan, M. Majid, and H. A. Rahman, "Allocation and sizing of DG using Cuckoo Search algorithm," in *Power and Energy (PECon), 2012 IEEE International Conference on*, 2012, pp. 133-138.
- [12] W. Buaklee and K. Hongesombut, "Optimal DG allocation in a smart distribution grid using Cuckoo Search algorithm," in *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2013 10th International Conference on*, 2013, pp. 1-6.
- [13] M. R. Djalal, D. Ajiatmo, A. Imran, and I. Robandi, "Desain Optimal Kontroler PID Motor DC Menggunakan Cuckoo Search Algorithm," *SENTIA 2015*, vol. 7, 2015.

Tabel 2. Hasil Peramalan VLD 1 Januari 2014

Waktu	Target (MW)	VLD Fuzzy Logic		VLD Fuzzy Logic – CSA	
		VLD	Error	VLD	Error
01:00	-5.92266	-8.01831	2.095653	-7.98047	2.057814
02:00	-8.53246	-8.837	0.304539	-8.76375	0.231296
03:00	-10.4977	-10.8422	0.344545	-10.7826	0.284915
04:00	-13.6077	-13.338	-0.26962	-13.3153	-0.2924
05:00	-15.031	-14.6277	-0.40331	-14.6192	-0.4118
06:00	-16.3209	-16.5533	0.2324	-16.4888	0.167856
07:00	-17.2466	-17.6438	0.397229	-17.5163	0.269662
08:00	-21.7699	-21.4758	-0.29408	-21.5466	-0.22325
09:00	-19.6277	-19.6956	0.067932	-19.6106	-0.01708
10:00	-19.7583	-19.8042	0.045818	-19.7299	-0.02847
11:00	-18.3006	-18.5997	0.299091	-18.4622	0.161615
12:00	-17.1231	-17.4379	0.314742	-17.3186	0.195498
13:00	-19.0644	-19.2492	0.184843	-19.1344	0.070019
14:00	-24.4268	-24	-0.42681	-24.2688	-0.158
15:00	-26.3136	-24	-2.31358	-24.2722	-2.04141
16:00	-24.8148	-24	-0.81481	-24.2779	-0.53687
17:00	-17.4449	-17.8659	0.421061	-17.7094	0.264485
18:00	-14.1729	-13.8435	-0.32933	-13.8271	-0.34573
19:00	-15.4827	-1.60E+01	0.501501	-1.60E+01	0.477045
20:00	-14.6354	-1.60E+01	1.352276	-1.60E+01	1.32533
21:00	-17.7354	-18.3798	0.644372	-18.3655	0.630061
22:00	-17.8816	-18.4734	0.591829	-18.3577	0.476115
23:00	-18.6057	-17.7596	-0.84615	-17.6377	-0.96802
24:00	-16.9393	-17.3753	0.436024	-17.2739	0.334623
		<b>Rata2</b>	<b>0.105673</b>	<b>Rata2</b>	<b>0.080138</b>

Tabel 3. Hasil Peramalan Beban 1 Januari 2014

Waktu	Pramal Menggunakan Fuzzy Logic		Pramal Menggunakan Fuzzy Logic - CSA	
	P (MW)	Error	P (MW)	Error
01:00	429.3410155	2.20467963	429.5157811	2.1648715
02:00	401.9374716	0.33290231	402.2603531	0.25283846
03:00	386.9430028	0.38025775	387.1986272	0.31444641
04:00	370.54757	-0.30794239	370.6436488	-0.33395111
05:00	374.6158962	-0.46823187	374.6526425	-0.47808687
06:00	369.2199677	0.27550569	369.5032593	0.19899003
07:00	365.235626	0.47804408	365.7990312	0.3245235
08:00	369.1927477	-0.36775437	368.8669368	-0.27918028
09:00	398.6086925	0.08304694	399.0233024	-0.02088093
10:00	418.2660653	0.05589838	418.6453402	-0.03472884
11:00	430.6789996	0.36114204	431.3965071	0.19514458
12:00	433.4783542	0.37270645	434.0927366	0.23150158
13:00	420.5846782	0.22425968	421.1719109	0.08494986
14:00	413.519127	-0.53465111	412.1340902	-0.19792138
15:00	411.3842449	-2.97735736	409.9850124	-2.62710265
16:00	397.2732815	-1.04107063	395.8770406	-0.68595569
17:00	424.3065494	0.49795994	425.0961758	0.31278856
18:00	493.9456266	-0.37097184	494.0365818	-0.38945416
19:00	558.7156299	0.58086944	558.8748188	0.55254301
20:00	540.3383406	1.53108201	540.5057578	1.50057263
21:00	512.0896695	0.74627487	512.1751801	0.72970111
22:00	467.5172044	0.69095218	468.1531865	0.55585816
23:00	432.9889454	-0.99103079	433.6009045	-1.13376511
24:00	403.972623	0.509156	404.4534084	0.39074762
	<b>MAPE</b>	<b>0.09440529</b>	<b>MAPE</b>	<b>0.06785208</b>