

# ANALISIS PERBANDINGAN METODE LOGIKA FUZZY DAN REGRESI LINEAR PADA PERAMALAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI RAYON SEMARANG BARAT TAHUN 2015 - 2019

Wisnu Prayogo<sup>\*)</sup>, Bambang Winardi, and Agung Nugroho

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail : wisnuprayogo2804@gmail.com

## Abstrak

Dalam proses perencanaan pengembangan sistem tenaga listrik diperlukan adanya suatu peramalan konsumsi energi listrik dimasa yang akan datang. Hasil peramalan yang didapat bisa dijadikan bahan pertimbangan bagi pembuat kebijakan untuk merumuskan tindakan yang akan diambil. Hal ini bertujuan demi tercapainya optimalisasi dalam proses penyediaan energi listrik. Pada penelitian ini, untuk penyediaan energi listrik di Rayon Semarang Barat, dilakukan peramalan konsumsi energi dari tahun 2015 hingga 2019 menggunakan metode logika fuzzy dan regresi linear. Pada Peramalan konsumsi energi ini menggunakan data historis/aktual yang diakumulasi dalam beberapa periode waktu, yaitu dari tahun 2010 hingga 2014. Hasil peramalan dengan menggunakan logika fuzzy sebesar 825000 MWH pada tahun 2015 dan 1180000 MWH pada tahun 2019. Sedangkan hasil peramalan dengan menggunakan regresi linear sebesar 807974,42 MWH pada tahun 2015 dan 1054482,29 MWH pada tahun 2019. Hasil peramalan tersebut sudah mendekati data aktual PLN tahun 2015 sebesar 823568 MWH dengan nilai error 0,17% untuk logika fuzzy dan 1,89% untuk regresi linear.

*Kata Kunci : Peramalan Konsumsi Energi Listrik, Logika Fuzzy , Regresi Linear, Rayon Semarang Barat*

## Abstract

Planning process of the development electric power system need a forecasting electrical energy consumption in the future. The forecasting results obtained can be considered for policy makers formulate measures to be taken for the future. It aims to achieve optimization in the electricity production process. In this reseach, for the supply of electric energy in Rayon West Semarang, forecasting energy consumption from 2015 to 2019 using fuzzy logic and linear regression. This energy consumption forecasting using historical data / actual accumulated in some period of time from 2010 to 2014. The results of forecasting using fuzzy logic amounted to 825000 MWH in 2015 and 1180000 MWH in 2019. While the results of forecasting by using linear regression amounted to 807974,42 MWH in 2015 and 1054482,29 MWH in 2019. The forecasting results are already approaching the PLN actual data 2015 amounted to PLN 823568 MWH with error value of 0,17% to fuzzy logic and 1,89% to linear regression.

*Key word: electricity consumption forecasting, fuzzy logic, linear regression, Rayon West Semarang*

## 1. Pendahuluan

Energi listrik memiliki peranan yang sangat penting bahkan menjadi suatu paramater untuk mendukung keberhasilan pembangunan suatu daerah. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan energi secara umum termasuk didalamnya adalah energi listrik perlu mendapatkan perhatian serius dari pemerintah daerah. Hal tersebut juga seiring dan searah dengan peningkatan peran pemeritah daerah dalam mengelola sumber daya energi [1]. Pemenuhan konsumsi energi listrik harus diantisipasi sedini mungkin dengan melakukan peramalan konsumsi

energi listrik agar penyediaan energi listrik dapat tersedia dalam jumlah yang cukup dan harga yang memadai [2].

Peramalan dapat dilakukan dengan metode statistik konvensional seperti regresi linear dan beberapa software seperti LEAP. Metode peramalan konsumsi energi listrik saat ini telah berkembang dengan pesat. Sistem cerdas (*artificial intelligence*) merupakan suatu sistem yang paling banyak diaplikasikan oleh pakar untuk peramalan konsumsi energi listrik untuk masa mendatang. Logika *fuzzy* merupakan salah satu sistem cerdas yang dapat digunakan untuk peramalan. Aplikasi logika *fuzzy* sebagai metode peramalan konsumsi energi telah banyak

diperkenalkan oleh pakar, diantaranya E. Srinivas dan Amit Jain [3], Kyung-Bin Song [4] dan Dr.S. Chentur Pandian [5].

Dalam penelitian ini akan dibahas 2 metode yaitu metode logika *fuzzy* menggunakan software matlab R2013b dan metode regresi linear untuk meramalkan konsumsi energi listrik di Rayon Semarang Barat tahun 2015 hingga 2019. Dengan membandingkan hasil peramalan konsumsi energi listrik dari kedua metode tersebut diharapkan mendapat hasil peramalan energi listrik yang terbaik untuk memenuhi konsumsi energi listrik di Rayon Semarang Barat.

## 2. Metode

### 2.1. Logika Fuzzy

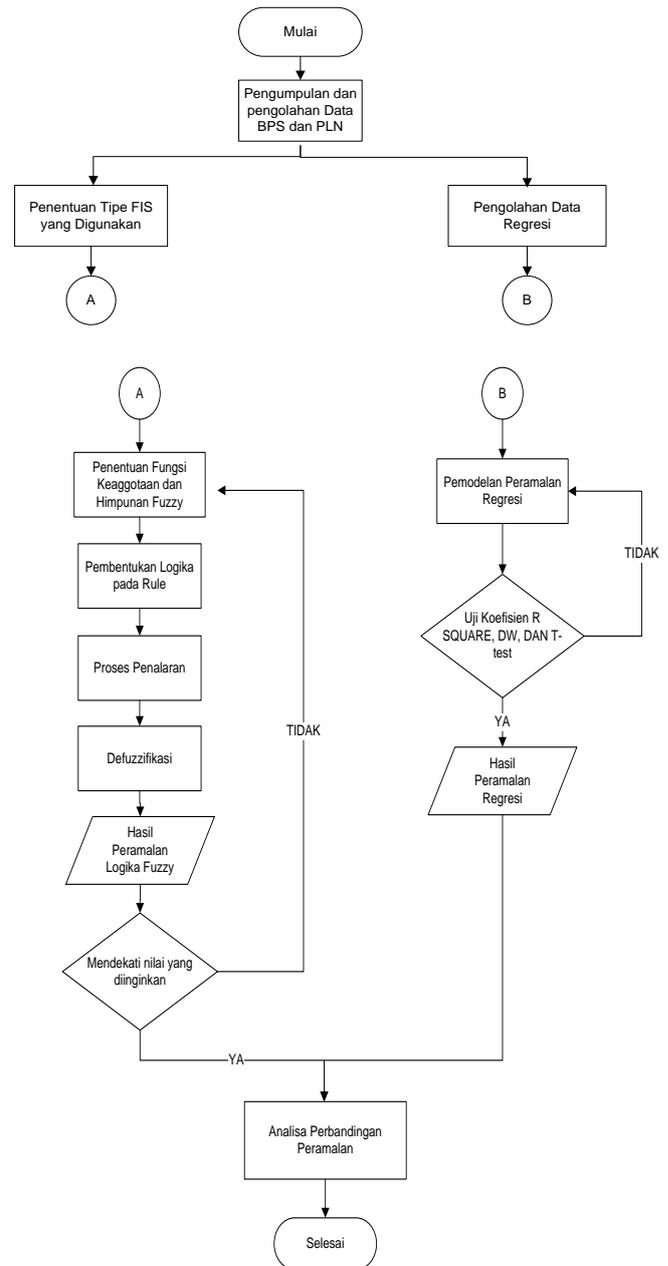
*Fuzzy* dapat disebut juga samar, kabur, ataupun tidak jelas. Diperkenalkan pertama kali oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dalam pemodelan logika *fuzzy* melalui beberapa tahap, yaitu fuzzifikasi, evaluasi aturan, proses penalaran (implikasi), dan defuzzifikasi. Pada proses fuzzifikasi, penentuan daerah dan jenis kurva fungsi keanggotaan dilakukan dengan menggunakan sisem *trial and error*. Peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan *fuzzy*. Derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dalam penalaran dengan logika *fuzzy* menggunakan aturan yang telah dirancang. Untuk menghasilkan *output*, melalui proses defuzzifikasi dengan melakukan penalaran beberapa aturan dasar (*rule base*) tertentu yang saling berkaitan dalam mengambil keputusan.

### 2.2. Regresi Linier

Model regresi linear merupakan model yang memperhitungkan sebab akibat dari masing masing variabel bebas dan variabel terikat. Variabel-variabel regresi linear yang akan dikorelasikan terdiri dari variabel X sebagai variabel bebas dan variabel Y sebagai variabel terikat, maka untuk menduga regresi linearnya perlu menaksir parameternya menggunakan model matriks.

### 2.3. Flowchart

Secara garis besar penyusunan Penelitian ini dapat digambarkan melalui Diagram Alir (*Flowchart*) pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penyusunan Penelitian

### 2.4. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil *survey* data terhadap instansi atau badan yang menyediakan data yang dibutuhkan seperti BPS (*Badan Pusat Statistik*) dan PLN (*Perusahaan Listrik Negara*) serta sumber-sumber lain dari buku teks, internet, jurnal, makalah penelitian, laporan teknis, peraturan perundang-undangan mengenai kebijakan energi maupun dokumen pemerintah yang mendukung dalam penelitian ini.

2.5. Pengolahan Data

2.5.1. Pengelompokan Data Statistik

Data statistik ini diperoleh dari BPS (*Badan Pusat Statistik*). Data statistik meliputi PDRB lingkup Rayon Semarang Barat. Data PDRB yang digunakan adalah data PDRB harga konstan tahun 2000 saat perekonomian dianggap stabil sehingga perhitungan PDRB terlepas dari pengaruh faktor inflasi.

Tabel 1. PDRB Rayon Semarang Barat 2010-2014.

Tahun	PDRB Rayon Semarang Barat (juta Rp)				
	2010	2011	2012	2013	2014
PERTANIAN	46869,74	47631,02	47420	47489,22	47455,03
PERTAMBANGAN DAN PENGGALIAN	6296,56	6436,33	6498,32	6501,97	6536,99
INDUSTRI PENGOLAHAN LISTRIK, GAS DAN AIR MINUM	1114290,1	1174245,4	1236674,6	1300059,9	1367282,09
BANGUNAN	641842	686244,7	720546,05	757392	795992,58
PERDAGANGAN, HOTEL DAN RESTORAN	1280206,39	1364057	1446307,77	1521801,27	1609076,74
PENGANGKUTAN DAN KOMUNIKASI	401691,36	425552,3	445044,12	467768,55	492826,42
KEUANGAN, PERSEWAAN & JASA PERUSAHAAN	113358,36	119524,37	127161,47	135046,47	134393,12
JASA-JASA	495728,82	535533,72	565690,36	586252,61	607562,07
<b>TOTAL</b>	<b>4152988</b>	<b>4414387</b>	<b>4652021</b>	<b>4882338</b>	<b>5124058</b>

2.5.2. Data Kelistrikan

Data kelistrikan yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Barat berupa data perusahaan energi listrik yang terdiri dari jumlah pelanggan dan konsumsi energi listrik. Berikut data Perusahaan listrik Rayon Semarang Barat tahun 2010-2014:

Tabel 2. Data perusahaan listrik Rayon Semarang Barat 2010-2014.

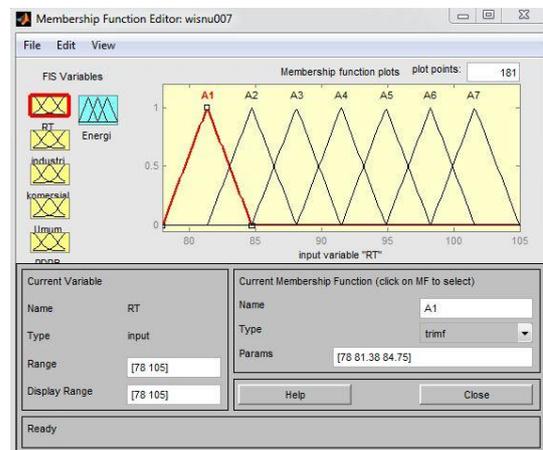
Sektor	Perusahaan listrik Rayon Semarang Barat				
	2010	2011	2012	2013	2014
-Energi (MWH)	547450	602763	650795	702243	753589
RT	118502	127808	141834	164527	173089
Industri	348651	376193	393208	413405	445857
Komersial	53194	64548	78072	82606	88489
Umum	27103	34214	37681	41705	46154
-Jumlah Pelanggan	75685	80546	83198	86815	89444
RT	65196	69461	71736	74591	76182
Industri	234	249	283	311	323
Komersial	7695	8108	8351	8936	9854
Umum	2560	2728	2828	2977	3085

2.6. Perancangan Logika Fuzzy

Proses pemodelan logika fuzzy pada penelitian ini menggunakan bantuan *toolbox fuzzy logic* yang terdapat

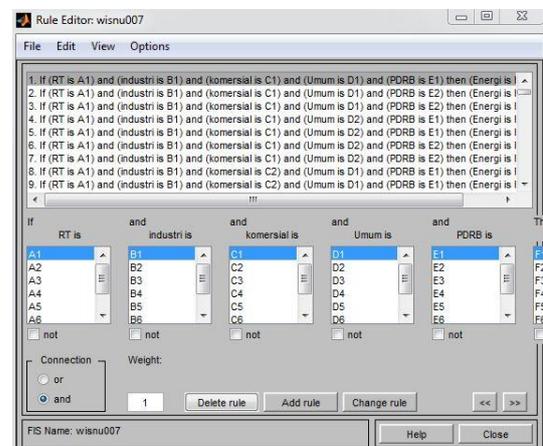
pada matlab. Dengan menggunakan *toolbox* ini, dapat dibangun sebuah *Fuzzy Inference System (FIS)* dalam lingkungan kerja Matlab. Pada penelitian ini tipe yang digunakan adalah FIS tipe Mamdani.

Fuzzifikasi yaitu pembentukan *membership function input* dan *output*. Pada penelitian ini, rancangan sistem FIS menggunakan 5 variabel *input* dan 1 variabel *output*. Variabel *input* yang digunakan adalah jumlah pelanggan PLN jenis rumah tangga, industri, komersial, pelayanan umum, dan PDRB (*Product Domestic Regional Bruto*). Untuk variabel *output* yang digunakan adalah peramalan konsumsi energi listrik. Untuk masing-masing variabel memiliki variabel bahasanya (*fuzzy set*). Himpunan variabel bahasanya (*fuzzy set*) tersebut direpresentasikan dalam bentuk fungsi keanggotaan (*membership function*) segitiga.



Gambar 2. Membership function

Dengan memperhatikan hubungan antara berbagai *input* terhadap *output*, maka dapat dibuat aturan-aturan (*rule base*) untuk peramalan tahun-tahun berikutnya.



Gambar 3. Rule editor.

2.7. Perancangan Regresi Linear

Dalam pemodelan regresi linear didapat dengan menggunakan data historis beberapa tahun sebelumnya. Perhitungan koefisien a dan b dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

$$b = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}$$

Sehingga didapat persamaan regresi linear:

$$Y = a + b X$$

3. Hasil dan Analisa

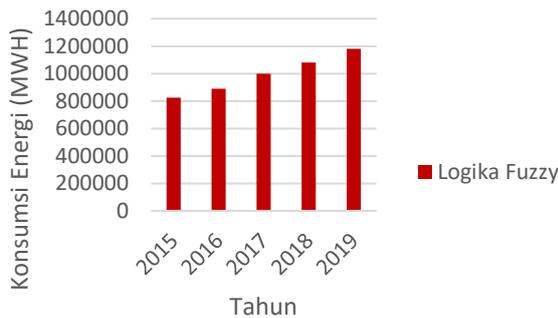
3.1. Logika Fuzzy

Hasil peramalan konsumsi energi menggunakan metode logika fuzzy di Rayon Semarang Barat tahun 2015 hingga 2019 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Peramalan konsumsi energi metode logika fuzzy.

Tahun	Konsumsi Energi (MWH)
2015	825000
2016	890000
2017	9980000
2018	1080000
2019	1180000

Dari hasil peramalan konsumsi energi menggunakan logika fuzzy pada Tabel 3. didapat grafik yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peramalan konsumsi energi metode logika fuzzy.

Berdasarkan hasil peramalan konsumsi energi listrik di Rayon Semarang Barat pada tahun 2019 dengan logika fuzzy diperoleh hasil sebesar 1180000 MWH, sementara konsumsi energi listrik pada tahun 2015 sebesar 825000 MWH. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan sebesar 355000 MWH dalam rentang 5 tahun. Hal ini dapat diakibatkan oleh peningkatan jumlah pelanggan dan naiknya angka sektor perekonomian PDRB (*Product Domestic Regional Bruto*).

3.2. Regresi Linear

Hasil peramalan konsumsi energi menggunakan metode regresi linear di Rayon Semarang Barat tahun 2015 hingga 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Peramalan konsumsi energi metode regresi linear.

Sektor	Peramalan Konsumsi Energi Listrik (MWH)				
	2015	2016	2017	2018	2019
Rumah Tangga	189363	205430	222293	239992	258566
Industri	468800	496137	524877	555093	586861
Komersial	100639	110644	121174	132259	143926
Umum	49173	52952	56867	60925	65130
TOTAL	800148	856855	916398	978917	1044563

Dari hasil peramalan konsumsi energi menggunakan regresi linear pada Tabel 4. dapat dibuat grafik seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. peramalan konsumsi energi metode regresi linear.

Berdasarkan Gambar 5. hasil peramalan konsumsi energi listrik total di Rayon Semarang Barat pada tahun 2019 dengan metode regresi linear diperoleh hasil sebesar 1054482,29 MWH, sementara konsumsi energi pada tahun 2015 sebesar 807974,42 MWH. Ini berarti terjadi peningkatan sebesar 246507,87 MWH dalam rentang waktu 5 Tahun. Hal ini dapat diakibatkan oleh peningkatan perekonomian PDRB (*Product Domestic Regional Bruto*).

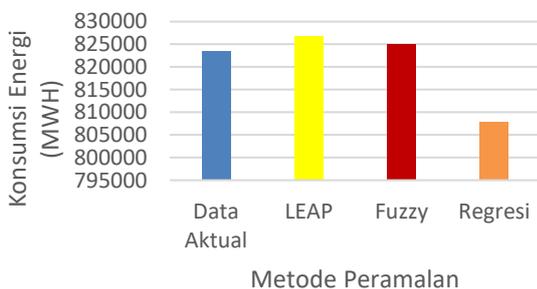
3.3. Perbandingan Hasil Peramalan Konsumsi Energi Listrik dengan Data Aktual PLN 2015

Hasil peramalan konsumsi energi listrik yang didapat kemudian dibandingkan dengan data aktual tahun 2015. Secara lengkap perbandingan hasil peramalan dengan data aktual tahun 2015 Rayon Semarang Barat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan hasil peramalan konsumsi energi dengan data aktual tahun 2015.

Perbandingan Hasil Peramalan Energi Listrik	
Tahun	2015
Data Aktual (MWH)	823568
LEAP (MWH)	826799
Error LEAP(%)	0,39
Logika Fuzzy (MWH)	825000
Error Logika Fuzzy (%)	0,17
Regresi Linear (MWH)	800147,75
Error Regresi Linear (%)	2,84

Berdasarkan Tabel 5 dapat dibuat grafik perbandingan peramalan konsumsi energi terhadap data aktual PLN 2015 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil peramalan konsumsi energi listrik untuk tahun 2015 sudah mendekati dengan data aktualnya dengan error 0,39% untuk metode LEAP, 0,17% untuk metode logika fuzzy dan 2,84% untuk metode regresi linier. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode fuzzy menunjukkan hasil peramalan yang paling akurat dengan nilai error paling kecil. Hasil Peramalan dengan metode LEAP dikatakan baik karena mempunyai nilai error 0,39% sehingga bisa digunakan sebagai acuan dalam perbandingan peramalan energi listrik antara metode logika fuzzy dan regresi linear.



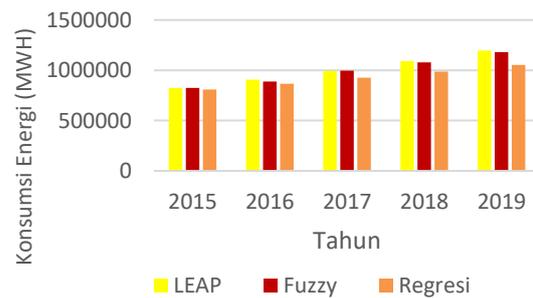
Gambar 6. peramalan konsumsi energi metode regresi linear.

### 3.4. Perbandingan Hasil Peramalan Konsumsi Energi Listrik Metode Logika Fuzzy dan Metode Regresi Linear dengan Metode LEAP

Hasil Peramalan konsumsi energi listrik Rayon Semarang Barat tahun 2015 hingga 2019 menggunakan logika fuzzy dan regresi linear kemudian dibandingkan dengan peramalan konsumsi energi Rayon Semarang Barat tahun 2015 hingga 2019 dengan metode LEAP dari penelitian terdahulu. Secara lengkap perbandingan hasil peramalan konsumsi energi Rayon Semarang Barat tahun 2015 hingga 2019 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan hasil peramalan konsumsi energi metode fuzzy dan regresi linear terhadap LEAP

Tahun	Peramalan Konsumsi Energi (MWH)				
	LEAP	Fuzzy	Regresi linear	Error Fuzzy (%)	Error Regresi Linear (%)
2015	826799	825000	800147,75	0,218	3,223
2016	906985	890000	856855,65	1,873	5,527
2017	994616	998000	916398,10	0,340	7,864
2018	1090381	1080000	978917,63	0,952	10,223
2019	1195034	1180000	1044563,98	1,258	12,591
	Rata-rata error (MAPE)			0,928	7,886



Gambar 7. Grafik perbandingan peramalan konsumsi energi metode fuzzy dan regresi linear terhadap LEAP.

Dari perbandingan yang ditunjukkan pada Gambar 7. dapat dilihat bahwa konsumsi energi listrik antara software LEAP dan fuzzy tidak berbeda jauh. Hal tersebut terlihat pada Tabel 4.11 menunjukkan bahwa nilai rata-rata error yang kecil sebesar 0,928%, sedangkan peramalan konsumsi energi menggunakan regresi linear memiliki rata-rata error yang sebesar 7,886%. Hal ini menunjukkan bahwa peramalan konsumsi energi Rayon Semarang Barat tahun 2015 hingga 2019 menggunakan metode logika fuzzy mempunyai keakuratan yang lebih besar dibandingkan dengan metode regresi linear.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil peramalan konsumsi energi listrik di Rayon Semarang Barat pada tahun 2019 dengan metode logika fuzzy diperoleh hasil ramalan sebesar 1180000 MWH, sementara konsumsi energi listrik pada tahun 2015 sebesar 825000 MWH. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan sebesar 355000 MWH dalam rentang 5 tahun. Peramalan dengan metode regresi linear didapat hasil ramalan sebesar 1054483,29 MWH pada tahun 2019 dan 807974,42 MWH pada tahun 2015, sehingga pada rentang 5 tahun terjadi peningkatan sebesar 246507,87 MWH. Hal ini diakibatkan oleh peningkatan jumlah penduduk sehingga pelanggan akan meningkat, serta naiknya sektor perekonomian PDRB (*Product Domestic Regional Bruto*). Hasil peramalan logika fuzzy, regresi linear dan LEAP dibandingkan dengan data aktual PLN

tahun 2015 didapat nilai *error* 0,17% pada logika *fuzzy*, 1,89% pada regresi linear, dan 0,39% pada LEAP. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode *fuzzy* menunjukkan hasil yang paling akurat dengan nilai rata-rata *error* 0,928, sedangkan pada regresi linear memiliki nilai rata-rata *error* sebesar 7,886%.

## Referensi

- [1]. Suhono, "Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sleman Menggunakan Perangkat Lunak LEAP". Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2010.
- [2]. Sulasno. 2001. Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Edisi I. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [3]. E. Srinivas dan Amit Jain. "A Methodology for short-Term Load Forecasting Using Fuzzy Logic and Similarity". The Conference on advances in Computational Intelligence Applications in Power, India, March, 2009.
- [4]. Song, Kyung-Bin. "Short-Term Load Forecasting for the Holiday Using Fuzzy Linear Regression Method". IEEE Trans.Power syst., vol PWRS-3, pp.50-55, 1997.
- [5]. Pandian, S. Chenthur, "Fuzzy Approach for Short Term Load Forecasting". The Conference on advances in Computational Intelligence Applications in Power, India, September, 2005
- [6]. Albab, Muhammad Hasnan . "Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik APJ Pekalongan Tahun 2014-2018 Dengan Metode Logika *Fuzzy*", Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [7]. ....PT.PLN (Persero) Rayon Semarang Barat "wilayah kerja Rayon Semarang Barat".
- [8]. ....PT.PLN (Persero) Rayon Semarang Barat "Data Pengusahaan listrik 2010-2015"
- [9]. Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang, Kota Semarang Dalam Angka 2014.
- [10]. Kartika, Meigy Restanaswari, "Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik APJ Pekalongan Tahun 2014-2018 dengan Menggunakan Software Leap", Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [11]. Naba, Agus, "Belajar Cepat Fuzzy Logic ,Menggunakan Matlab", Yogyakarta: Andi. 2008.
- [12]. Nhurkoliq, Nahar. "Analisa Perbandingan Metode Logika Fuzzy dengan Jaringan Syarat Tiruan Backpropagation pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Indonesia Sampai Tahun 2022", Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.
- [13]. Yasa, I Nyoman Sudharma, "Analisis Beban Puncak Berdasarkan Proyeksi Kebutuhan Listrik Rayon Semarang Barat Tahun 2015-2019 Menggunakan Software LEAP", Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [14]. Gujarati, Ekonometrika Dasar, Jakarta: Erlangga, 2002.
- [15]. Sudjana, Metode Statistika, Bandung: Tarsito, 2002.
- [16]. Gujarati, Dasar-dasar Ekonometrika, Jakarta: Erlangga, 2006.
- [17]. Supranto, J. Statistik Teori dan Aplikasi. Graedia. Jakarta. 2001.
- [18]. R. Munir. "Metode Numerik", Informatika, Bandung, 2010.
- [19]. Hermawan dan Karnoto. Perencanaan Pengembangan Sistem Tenaga Listrik. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.2008.
- [20]. Nugroho, Agung, Sistem Informasi Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Sistem Distribusi Tenaga Listrik PT PLN (Persero) APJ Semarang. Semarang : Universitas Diponegoro.2010.