

# Perancangan Alat Manajemen Energi Listrik berbasis Fuzzy Logic

Maizal Isnen  
Program Studi Teknik Elektronika  
Politeknik Jambi  
Jambi, Indonesia  
[maizal@politeknikjambi.ac.id](mailto:maizal@politeknikjambi.ac.id)

Sigit Kurniawan  
Program Studi Teknik Elektronika  
Politeknik Jambi  
Jambi, Indonesia  
[sigit@politeknikjambi.ac.id](mailto:sigit@politeknikjambi.ac.id)

**Abstrak**— Peningkatan demand energi listrik dimasa yang akan datang perlu diimbangi dengan penyediaan energi listrik yang cukup. Ketidakseimbangan supply dan demand ini menyebabkan berbagai masalah di sisi konsumen seperti kualitas energi listrik yang rendah, maupun seringnya mengalami pemadaman listrik. Disamping peningkatan supply yang dapat dilakukan oleh energy distributor, pada sisi konsumen juga dapat menerapkan strategi demand side management yakni dengan menerapkan sebuah teknologi alat smart home energy management. Dalam perkembangannya, alat ini masih memerlukan banyak penyempurnaan, salah satunya dalam sisi algoritma pemrograman. Pengembangan algoritma machine learning berbasis fuzzy logic merupakan tujuan utama penelitian kali ini. Algoritma ini digunakan untuk mengatasi kelemahan sistem sebelumnya yakni sistem belum mampu secara cerdas menyesuaikan limitasi energi antara hari libur maupun hari kerja dimana memiliki pola konsumsi energi listrik yang berbeda. Disamping itu pengembangan juga akan dilakukan pada sisi hardware secara menyeluruh untuk memperoleh kinerja yang lebih optimal. Penelitian ini dimulai dengan perancangan sistem hardware yang berkaitan dengan integrasi komponen input, processing maupun output; pemrograman yakni menerapkan algoritma fuzzy logic untuk optimalisasi limit energi harian; pengujian, untuk memastikan sistem mampu bekerja dengan baik dengan hasil pengukuran yang akurat dan presisi; analisa data untuk melihat performa alat dan melakukan sejumlah penyempurnaan; hasil yakni sebuah prototipe alat yang memiliki kemampuan untuk mengendalikan konsumsi energi listrik rumah tangga skala lab, yang mampu bekerja dengan smart, yakni menerapkan prinsip machine learning dengan implementasi algoritma fuzzy logic. Pada akhirnya, alat ini diharapkan mampu mengoptimalkan konsumsi energi listrik dengan meningkatkan efisiensi, tanpa mengabaikan kenyamanan pengguna..

**Kata Kunci**— *Manajemen energi; fuzzy logic; adaptive algorithm; energy saving; demand side management*

## I. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi listrik global terus tumbuh hingga 2,8% setiap tahun [1]. Kondisi ini perlu diimbangi dengan kemampuan penyedia energi listrik memenuhi lonjakan permintaan di masa yang akan datang. Kondisi ini juga linier dengan permasalahan yang terjadi di Indonesia, khususnya daerah-daerah berkembang, seperti Provinsi Jambi. Di daerah tersebut masih terdapat banyak kecamatan maupun desa yang belum memperoleh energi listrik dengan kualitas baik. Kualitas yang buruk ini seperti misalnya arus listrik yang lemah, tegangan drop, bahkan sering mengalami pemadaman. Beberapa penyebab dari permasalahan ini diantaranya adalah tidak seimbangnnya kapasitas listrik yang

di distribusikan ke suatu lokasi desa terhadap jumlah beban pemakaian di masyarakat. Sehingga, selain melakukan penyesuaian demand, maka alternatif lain yang dapat dilakukan yakni pengendalian konsumsi energi listrik di sisi konsumen[2].

Apabila dibandingkan dengan berinvestasi dalam membangun jaringan distribusi baru, mengendalikan konsumsi energi listrik dari sisi konsumen (demand side management) menjadi salah satu cara yang paling hemat.

Usaha untuk mengatur konsumsi energi listrik di sisi konsumen memerlukan suatu teknologi pengukuran dan pengaturan yang canggih. Dalam hal ini dapat diatasi dengan membangun sebuah system smart energy management yang tidak hanya memonitor konsumsi energi listrik, melainkan memiliki kemampuan untuk meningkatkan efisiensi konsumsi energi listrik dengan menyematkan teknologi machine learning[3].

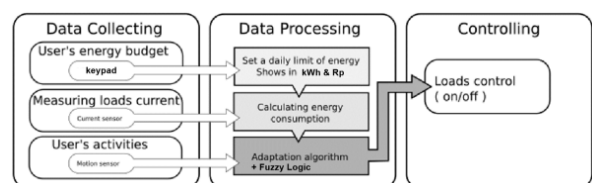
Machine learning merupakan algoritma yang memungkinkan mesin atau system dapat menyesuaikan diri sesuai kondisi yang dialaminya, dalam hal ini adalah kondisi pemakaian energi listrik dalam skala rumah tangga[3]. Teknologi ini, khususnya pada implementasi smart energy management masih terus mengalami pengembangan, seperti misalnya dalam hal ini dikembangkan implementasi logika fuzzy untuk membuat kategorisasi hari sehingga dapat menerapkan strategi yang berbeda-beda, disesuaikan dengan pola konsumsi energi listrik pada pengguna[3][4].

Dengan demikian, output dari penelitian ini kedepannya dapat menjadi salah satu referensi model dalam pengembangan teknologi smart energy management untuk skala rumah tangga, dengan fungsi yang tidak hanya pada monitoring konsumsi energi listrik saja, namun dapat mengasistansi pengguna untuk dapat menggunakan energi listrik dengan lebih efisien.

## II. METODOLOGI

### A. Perancangan Sistem

Secara garis besar, alat yang akan dikembangkan memiliki tiga bagian utama sebagai berikut, Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram blok sistem secara keseluruhan

Terdiri atas subsistem data collecting, data processing, dan controlling.

a. Data Collecting

Subsistem ini terdiri atas komponen-komponen input, seperti sensor-sensor: sensor arus listrik, sensor gerakan, maupun komponen input seperti keypad. Data dari sensor dikirim ke subsistem data processing untuk diolah lebih lanjut.

b. Data processing

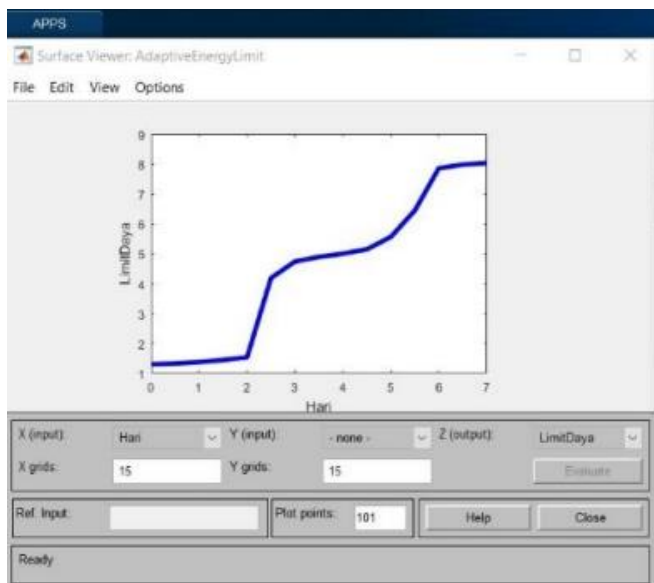
Terdiri atas komponen utama berupa micro-controller unit (MCU) berbasis ATMELEL microntroller. Input yang diterima dari keypad maupun sensor akan di olah seperti proses perhitungan, komparasi maupun analisis logika.

c. Controlling

Dalam subsistem controlling, data hasil perhitungan dan analisa digunakan untuk mengatur on/off komponen listrik yang terhubung ke system. Pada subsistem ini, hasil monitoring system dapat ditampilkan pada monitor LCD maupun modul komunikasi wireless.

B. Simulasi Fuzzy pada Matlab

Pengembangan algoritma fuzzy. Untuk tahap ini terlebih dahulu dilakukan tahap simulasi menggunakan Matlab. Hal ini digunakan untuk mempermudah mengetahui performa sistem sebelum mengimplementasikan fuzzy set yang ditentukan terhadap hardware. Dari hasil pengamatan diperoleh bahwasanya untuk memperoleh adaptive daily limit atau batas penggunaan daya listrik harian yang disesuaikan dengan karakter hari, maka akan diperoleh limit maksimal dari penggunaan daya harian ditunjukkan pada Gambar 2.

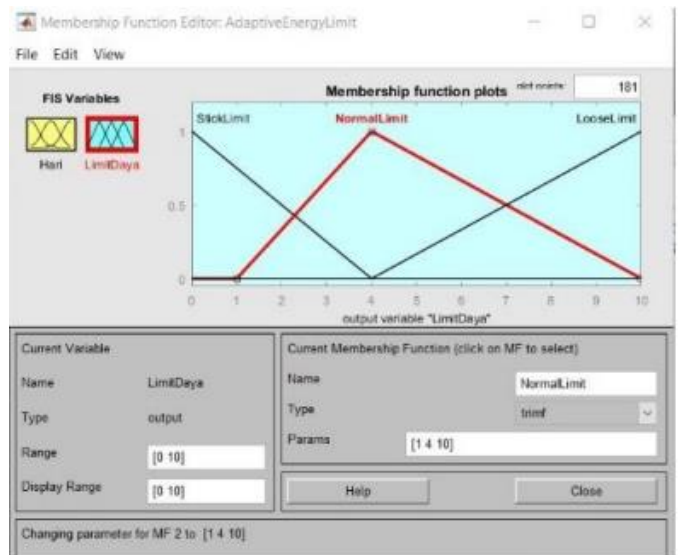


Gambar 2. Profil energi limit yang diperbolehkan

Dari Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa, pada hari Senin dan Selasa (0-1-2) merupakan hari di mana limit penggunaan energi listrik merupakan yang paling ketat, yakni berada pada level limit daya 1,3 sampai 1,5. Sementara hari rabu merupakan transisi yang memungkinkan pengguna dapat memperoleh kelonggaran yang lebih baik. Trend ini cenderung stabil dan mulai

meningkat lagi pada hari jum'at dan sabtu (5-6-7), dengan limit maksimal yang dapat dicapai adalah level 8.

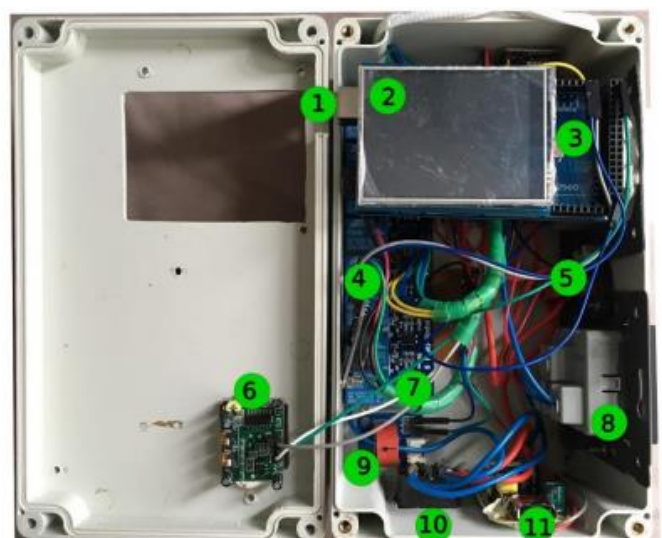
Untuk memperoleh trend tersebut, maka pengaturan membership fuzzy menggunakan pola tidak simetris, Gambar 3. Dengan demikian, output dari penelitian ini kedepannya dapat menjadi salah satu referensi model dalam pengembangan teknologi smart energy management untuk skala rumah tangga, dengan fungsi yang tidak hanya pada monitoring konsumsi energi listrik saja, namun dapat mengasistinsi pengguna untuk dapat menggunakan energi listrik dengan lebih efisien.



Gambar 3. Pengaturan membership fuzzy yang tidak simetris

III. HASIL DAN ANALISA

Hasil perancangan alat manajemen energi listrik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Algoritma Fuzzy di program pada mikontroler Arduino Mega 2560 dengan LCD TFT menampilkan status pada sistem. Monitoring hasil pengukuran data dikirimkan ke webserver ThingSpeak menggunakan intaface NodeMCU.



Gambar 4. Hasil pembuatan Alat

1. USB serial cable
2. LCD touchscreen 2.8 inches
3. Arduino Mega 2560 board
4. RTC DS3231
5. TA12-100 current sensor 1
6. PIR motion sensor
7. Relays circuit
8. Channel 2 terminal
9. TA12-100 current sensor 2
10. Input 230V AC
11. Power supply 230V AC to 5V DC



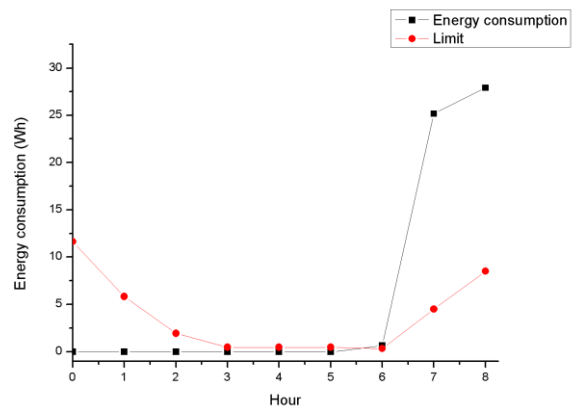
**Gambar 5.** Remote Monitoring pada ThingSpeak

Gambar 5 menunjukkan hasil monitoring pengujian alat menggunakan beban lampu 7 watt. Dari gambar tersebut terlihat bahwa tanpa penerapan logika *Fuzzy* konsumsi daya bersifat konstan sedangkan dengan adanya penerapan logika fuzzy, konsumsi daya bersifat fluktuatif menyesuaikan batasan energi yang telah ditentukan.

Pada penelitian sebelumnya [11] diperoleh suatu hasil yakni system telah mampu melakukan penghematan penggunaan energi listrik dengan menggunakan *adaptive limit* yang mana bekerja dengan mengolah data historis dari kebiasaan pengguna dalam menggunakan energi listrik, hal ini dapat berjalan sama baik di hari normal maupun akhir pekan (Gambar 6). Namun demikian, penggunaan energi listrik pada akhir pekan lebih banyak mendapatkan interupsi dari sistem, setelah limit yang ditentukan tercapai, sehingga sistem akan menginterupsi penggunaan energi listrik. Hal ini

cenderung mengganggu aktivitas user yang lebih aktif berkegiatan di rumah pada akhir pekan.

Penerapan algoritma fuzzy diharapkan dapat memberikan solusi bagi penerapan *adaptive limit* dengan penggunaan energi di akhir pekan yang lebih longgar, dengan cara menerapkan *membership* hari dalam satu minggu berdasarkan level preferensi penggunaan energi listrik. Akan tetapi berdasarkan pengujian yang dilakukan (Gambar 5) diperoleh bahwa pola konsumsi energi listrik masih belum menunjukkan *trend* yang *smooth*. Hal ini bisa terjadi karena hasil plot *membership* dari simulasi Matlab (Gambar 3) belum menunjukkan gradasi penggunaan energi yang lebih natural. Artinya bisa jadi penerapan metode *membership fuzzy* berdasarkan limit energi dapat meningkatkan efisiensi konsumsi listrik tetapi memberikan dampak lain berupa kenyamanan pengguna menjadi terganggu karena banyaknya interupsi sistem.



**Gambar 6.** Konsumsi energi dengan algoritma *adaptive limit*[11]

Pola konsumsi energi listrik yang masih fluktuatif (belum *comfortable*) dapat diakibatkan karena tidak adanya input keanggotaan *comfort level* maupun kondisi yang harus dipertahankan misalnya keberadaan gerakan manusia atau kondisi ruangan yang sangat panas, sehingga hasil fuzzy *membership* hanya merespon kondisi limit daya saja tanpa memperhitungkan faktor yang lain. Hal sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Md. Moktadir Rahman, Sujeewa Hettiwatte, Samuel Gyam [13] yang menunjukkan hasil bahwa penerapan fuzzy logic hanya mampu mereduksi energi sebesar 2,35% jika dibandingkan dengan *Direct Load Control* (DLC) yaitu sebesar 35,3%[13]. DLC menggunakan konsep dimana mengatur respons kebutuhan daya dari konsumen dengan memaksa konsumen mematikan peralatan atau menunda permintaan selama jam sibuk.

Perbandingan reduksi energi yang digunakan berdasarkan penerapan algoritma fuzzy dengan algoritma *adaptive limit* berdasarkan [11], [13] relatif sama yaitu sekitar di angka 2,0–2,6%, kondisi ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan penerapan DLC atau fuzzy logic digunakan untuk manajemen energi hibrid kombinasi antara sumber listrik utama dengan panel surya. Penerapan algoritma fuzzy sendiri untuk mengatur manajemen energi skala rumah tangga dengan skema sumber listrik merupakan kombinasi antara listrik utama dengan panel surya dapat mencapai 35% sebagaimana yang dilaporkan oleh Krishna Prakash N, dkk [14]. Penggunaan ini menjadi efektif karena pengaturan fuzzy tidak hanya diterapkan pada sistem manajemen beban (LMS) tetapi

diterapkan juga pada sistem pengaturan penyimpanan energi (Battery Management System), sehingga pada saat beban puncak dan kondisi baterai penyimpanan energi penuh maka sumber listrik dapat diubah ke penyedia energi cadangan yang dalam hal ini baterai yang energinya disuplai oleh panel surya[14].

Penerapan algoritma fuzzy dalam memenejemen penggunaan energi oleh beban (LMS) memiliki dapat yang relatif kecil jika dibandingkan implementasinya dapat manajemen penyediaan sumber energi, sebagaimana [15] melaporkan bahwa penerapan fuzzy logic control (FLC) untuk manajemen penggunaan energi kombinasi antara sumber utama dan panel surya mampu mereduksi konsumsi 25% dibandingkan normal penggunaan tanpa adanya penerapan FLC dimana hanya mampu mereduksi konsumsi energi sekitar 10%. Hal ini tentu perlu menjadi perhatian terhadap pengembangan peralatan manajemen energi kedepannya, dimana tidak hanya berfokus pada manajemen pengaturan beban tetapi juga harus berfokus pada manajemen pengaturan suplai energi.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis data maka dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Penerapan algoritma ini memberikan solusi limit penggunaan energi di akhir pekan yang lebih longgar, dengan menerapkan membership hari berdasarkan level preferensi penggunaan energi listrik. Akan tetapi dari grafik yang diperoleh belum menunjukkan trend yang smooth untuk memastikan bahwa terdapat gradasi konsumsi energi listrik yang lebih natural. Hal ini akan diteliti lebih lanjut sehingga dapat ditanamkan pada system.
2. Sulit melakukan simulasi untuk membership yang lebih dari 3. Simulasi Matlab dengan tools yang tersedia baru dapat menggunakan 3 membership fuzzy untuk disimulasikan. Hal ini mengakibatkan grafik yang tidak terlalu smooth. Untuk mengatasi hal tersebut akan dilakukan simulasi menggunakan perangkat konvensional misalnya menggunakan Ms Excel.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat atas pendanaan penelitian melalui Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Anggaran 2021.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Gurney and B. P. Company, "BP Statistical Review of World Energy," *J. Policy Anal. Manag.*, vol. 4, no. 2, p. 283, 2018.
- [2] J. A. Momoh, *Smart grid: fundamentals of design and analysis*, vol. 63. John Wiley & Sons, 2012.
- [3] L. I. Minchala-Avila, J. Armijos, D. Pesántez, and Y. Zhang, "Design and Implementation of a Smart Meter with Demand Response Capabilities," *Energy Procedia*, vol. 103, no. April, pp. 195–200, 2016.
- [4] F. Baig, a Mahmood, N. Javaid, S. Razzaq, N. Khan, and Z. Saleem, "Smart home energy management system for monitoring and scheduling of home appliances using zigbee," *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, vol. 3, no. 5, pp. 880–891, 2013.
- [5] S. K. Korkua and K. Thinsurat, "Design of ZigBee based WSN for smart demand responsive home energy management system," *13th Int. Symp. Commun. Inf. Technol. Commun. Inf. Technol. New Life Style Beyond Cloud, Isc.* 2013, pp. 549–554, 2013.
- [6] S. Q. Ali, S. D. Maqbool, T. P. I. Ahamed, and N. H. Malik, "Load scheduling with maximum demand and time of use pricing for microgrids," *c2013 IEEE Glob. Humanit. Technol. Conf. South Asia Satell. GHTC-SAS 2013*, pp. 234–238, 2013.
- [7] H. Elkhorchani and K. Grayaa, "Novel home energy management system using wireless communication technologies for carbon emission reduction within a smart grid," *J. Clean. Prod.*, vol. 135, pp. 950–962, 2016.
- [8] K. G. Di Santo, S. G. Di Santo, R. M. Monaro, and M. A. Saidel, "Active demand side management for households in smart grids using optimization and artificial intelligence," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 115, pp. 152–161, 2018.
- [9] S. Kv and B. K. Roy, "An Intelligent Flow Measurement Technique using Ultrasonic Flow Meter with Optimized Neural Network," vol. 5, no. 4, pp. 185–196, 2012.
- [10] Q. Hu and F. Li, "Hardware design of smart home energy management system with dynamic price response," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 4, no. 4, pp. 1878–1887, 2013.
- [11] M. Isnen, "Adaptive-Smart Home Energy Management System for Loads' Home Scheduling Based on Monthly Budget," *Queen's University Belfast*, 2017.
- [12] Mochamad Fajar Wicaksono Mochamad Fajar Wicaksono, "IMPLEMENTASI MODUL WIFI NODEMCU ESP8266 UNTUK SMART HOME", *J. T. Komputer* vol. 6, no. 1, pp. 9–14, 2017.
- [13] Md. Moktadir Rahman, Sujeewa Hettiwatte, Samuel Gyamfi, "An Intelligent Approach of Achieving Demand Response by Fuzzy Logic based Domestic Load Management" *School of Engineering and Information Technology Murdoch University*, Perth, Australia.
- [14] Krisna Prakash N., Suraj R Gupta, Shankaranarayanan P.V., Sidharth S, Sirphi M, "Fuzzy Logic Based Smart Home Energy Management System" *9th ICCCNT 2018, July 10-12, 2018, IISC, Bengaluru, India*.
- [15] Fathia Chekired, Achour Mahrane, Zoubeyr Samara, Madjid Chikh, Abderrazak Guenounou, Aissa Meflah, "Fuzzy logic energy management for a photovoltaic solar home", *8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings, 5-7 July 2017, SEB-17, Chania, Greece*