

ANALISA KOMPARASI METODE MAMDANI, SUGENO DAN TSUKAMOTO PADA FUZZY INFERENCE SISTEM UNTUK PENGURANGAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK MESIN CUCI

Teguh Budi Santoso

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika
Universitas Satya Negara Indonesia
Jl. Arteri Pondok Indah No. 11 Jakarta 12240
Email: teguh.santos12@gmail.com

ABSTRAK

Mesin cuci merupakan peralatan rumah tangga yang sudah menjadi kebutuhan sehari-hari, hal ini terlihat dari data penjualan mesin cuci di Indonesia pada tahun 2011 yang mencapai 1,8 juta unit (PT. Panasonic Gobel Indonesia). Cara kerja dari mesin cuci ini sebenarnya sangat sederhana, alat ini hanya memutar air dengan agitator dengan kecepatan tertentu untuk melepaskan kotoran yang menempel di pakaian dengan bantuan deterjen. Untuk mendesain mesin cuci yang efisien, maka perlu adanya pengendalian parameter *output* berdasarkan karakteristik *input*. Salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam desain sebuah mesin cuci adalah waktu, karena berbagai jenis kain membutuhkan waktu cuci yang berbeda bergantung pada tingkat kekotoran, jenis kotoran, kualitas kain dan lain-lain. Pada penelitian ini akan melakukan komparasi metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Dengan menggunakan variabel *output* yaitu, kecepatan putaran dan waktu cuci, dengan menggunakan empat variabel *input* yaitu Kapasitas Pakaian, jenis kotoran, tingkat kekotoran dan Takaran Deterjen, dimana hasil yang diharapkan dapat membuat kinerja mesin cuci lebih efektif guna mendapatkan pengurangan konsumsi energi listrik. Berdasarkan dari beberapa pengujian dengan nilai output di masukan berdasarkan komparasi tiga metode pada *fuzzy inference system* dengan menggunakan nilai input Kapasitas Pakaian 2 Kg sampai dengan 10Kg, Jenis Kotoran 20 sampai dengan 90, Tingkat Kekotoran 20 sampai dengan 90, Takaran Deterjen 20ml sampai dengan 80ml. Hasil experiment yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode yang terbaik dalam hal pengurangan konsumsi energi listrik pada mesin cuci adalah metode Tsukamoto dimana rata-rata efisiensi energi listrik mencapai sebesar 7,54676Kwh, Dengan waktu cuci 45,35 menit.

Kata kunci : Mesin Cuci, Fuzzy Inference Sistem, Metode Terbaik

PENDAHULUAN

Mesin cuci merupakan peralatan rumah tangga yang sudah menjadi kebutuhan sehari-hari, hal ini terlihat dari data penjualan mesin cuci di Indonesia pada tahun 2011 yang mencapai 1,8 juta unit (PT. Panasonic Gobel Indonesia). Cara kerja dari mesin cuci ini sebenarnya sangat sederhana, alat ini hanya memutar air dengan agitator dengan kecepatan tertentu untuk melepaskan kotoran yang menempel di pakaian dengan bantuan deterjen (Nygards, 2011), kerja dari mesin secara otomatis akan berhenti pada waktu yang telah ditentukan. Berdasarkan prinsip kerjanya mesin cuci memiliki dua jenis, yakni: semi otomatis dan otomatis (Hidayat, 2008: p 6), pada mesin cuci semi otomatis, kendali tidaklah sepenuhnya otomatis dan diperlukan intervensi secara manual, sedangkan pada mesin cuci otomatis, tidak diperlukan intervensi manual selama proses mencuci.

Untuk mendesain mesin cuci yang efisien (Ibrahim, 2018), maka perlu adanya pengendalian parameter *output* berdasarkan karakteristik *input*. Salah satu faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam desain sebuah mesin cuci adalah waktu (Lohani, 2010), karena berbagai jenis kain membutuhkan waktu cuci yang berbeda bergantung pada tingkat kekotoran, jenis kotoran, kualitas kain dan lain-lain. Pada mesin cuci, pada setiap proses mencuci kecepatan putaran yang digunakan berbeda-beda bergantung dari Kapasitas Pakaian dan tingkat kekotoran (Ghorapade & Jadhav, 2015), yang berpengaruh langsung pada efisiensi proses mencuci.

Penelitian tentang pengendalian pada mesin cuci sudah sering dilakukan, metode yang biasa digunakan dalam penelitian pengendalian pada mesin cuci diantaranya, *neuro fuzzy* (Ali & Al-

Aubidy, 2007), *fuzzy logic* (Lohani, 2010: pp. 1-97), *fuzzy association rules* (Gabroveau & Lancu, 2010), dan *fuzzy inference system* (Al-Aubidy, 2013). *Fuzzy logic* merupakan metode penelitian yang banyak digunakan, pada tahun 1990 mesin cuci dengan teknologi *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Perusahaan Matsushita (Milasi, Jamali, & Lucas, 2007), mereka menggunakan *fuzzy logic* untuk penyesuaian otomatis dari putaran motor dengan memperhatikan tingkat kekotoran, jenis kotoran dan volume pakaian. *Fuzzy logic* merupakan solusi pemecahan masalah ketidakpastian yang tepat (Naba, 2011), karena *fuzzy logic* adalah fleksibel dan memberikan toleransi terhadap ketidakpresisian data. *Fuzzy logic* terbukti lebih efektif dari teknik konvensional lainnya (Lasri, Rojas, & Pomares, 2012), dan juga terbukti mampu menghemat konsumsi energi listrik sampai dengan 20%. (Altrock, 2009) Penerapan *fuzzy logic* pada mesin cuci memiliki kekurangan karena hanya menggunakan satu variabel *output* saja.

Berdasarkan penelitian bahwa penerapan *fuzzy logic* pada mesin cuci hanya menggunakan satu variabel *output* saja. Penerapan *fuzzy logic* pada mesin cuci masih dapat dikembangkan lagi (Lohani, 2010), yaitu dengan penambahan variabel *output*, karena banyaknya variabel *output* sangat mempengaruhi efisiensi kinerja dari mesin cuci (Ibrahim, 2018). Dalam penelitian ini akan menerapkan metode *fuzzy inference sistem* dengan penambahan variabel *output* yaitu, kecepatan putaran dan waktu cuci, dengan menggunakan empat variabel *input* yaitu Kapasitas Pakaian, jenis kotoran, tingkat kekotoran dan Takaran Deterjen, dimana hasil yang diharapkan pada penelitian ini dapat membuat kinerja mesin cuci lebih efektif guna mendapatkan pengurangan konsumsi energi listrik berdasarkan membandingkan tiga metode manakah yang paling baik metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto.

TINJAUAN STUDI

Penelitian penelitian yang berhubungan dengan penghematan energi pada mesin cuci diantaranya:

Pada tahun 2008 penelitian tentang pengontrolan pada mesin cuci telah dilakukan, penelitian yang dilakukan Kasim Al-Aubidy, mencoba mengimplementasikan *fuzzy inference system* pada FPGA (*Field Programmer Gate Array*) yang digunakan untuk mengontrol PM (*Permanent Magnet*) pada mesin cuci, pada penelitian ini menggunakan metode inferensi mamdani dengan dua Variabel *input* dan satu *output* dengan struktur 8 bit resolusi serta menggunakan defuzifikasi metode pusat gravitasi kemudian fungsi keanggotaan serta aturan fuzzy di simpan dalam EPROM, dimana hasil yang diperoleh dengan contoh interval 1.667msec, maka respon kontrol kecepatan adalah 1500rpm.

Penelitian yang dilakukan oleh Ion Iancu dan Mihai Gabroveau pada tahun 2010, pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy* berbasis aturan asosiasi untuk pengaturan waktu cuci pada mesin cuci dengan menggunakan dua variabel *input*, yaitu tingkat kekotoran dan jenis kotoran kemudian *output* yang dihasilkan berupa waktu cuci, aturan inferensi secara otomatis diinduksi sebagai *fuzzy association rules* mulai dari *training set*, dimana hasil yang didapatkan dari *input* data dengan tingkat kekotoran adalah 79 cm/detik dan jenis kotoran adalah 62 lumens maka *output* yang berupa waktu cuci adalah 43.1763 menit.

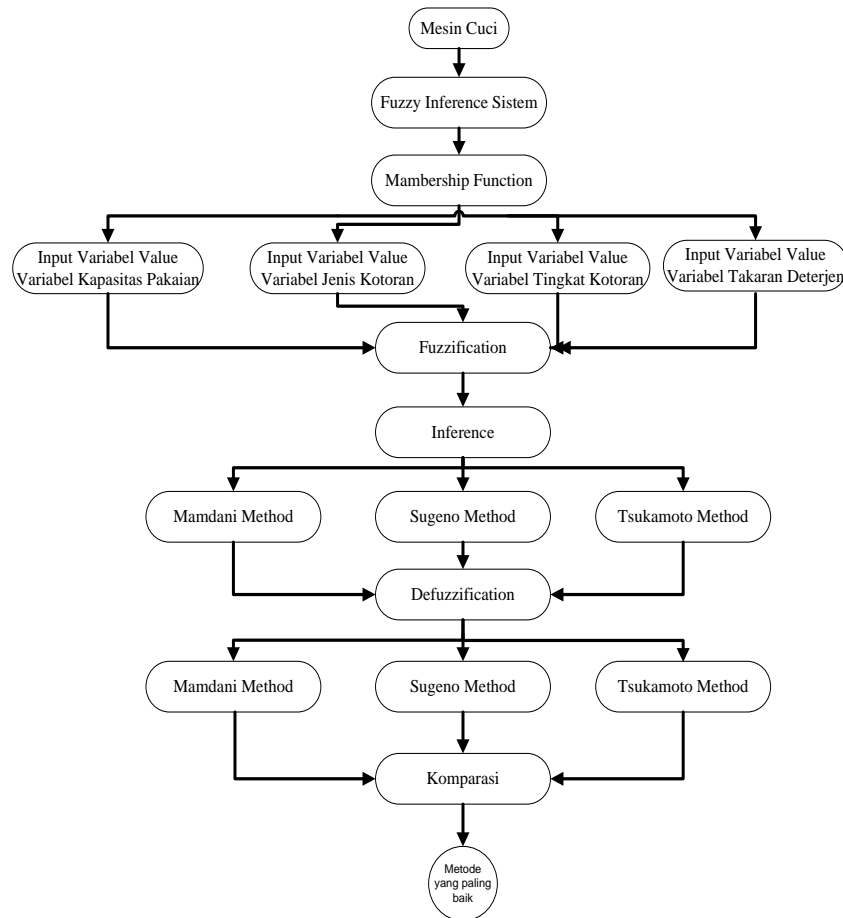
Kemudian pada tahun 2010 penelitian yang dilakukan oleh Pritesh Lohani, pada penelitian ini menggambarkan arsitektur penuh baik sirkuit dan tata letak fisik desain sebuah mesin cuci (Arabi, Milasi, & Lucas, 2017) dan melakukan perbaikan kontroler microchip dengan menggunakan fuzzy inference system metode mamdani untuk secara khusus menangani waktu cuci, dimana hasil yang diperoleh adalah untuk waktu cuci dengan nilai ketiga *input* adalah Kapasitas Pakaian 80, jenis kotoran 90 dan tingkat kekotoran 89 maka *output* yang berupa waktu cuci adalah 82,7 menit.

METODE YANG DIUSULKAN

Dalam penelitian ini membandingkan tiga metode yaitu; mamdani, sugeno dan tsukamoto pada *fuzzy inference system* metode manakah yang paling baik, sesuai dengan tujuan dari penelitian yaitu untuk pengurangan konsumsi energi listrik mesin cuci berdasarkan menambahkan variabel *output* yaitu kecepatan putaran dan waktu cuci,

Untuk menyelesaikan study kasus dalam penelitian ini menggunakan sifat metode eksperimen karena adanya penambahan variabel *output* sebagai pembaharuan dari penelitian sebelumnya, sifat dari eksperimen biasanya lebih mengkedepankan pada teknik pengembangan, evaluasi dan penyelesaian

kasus berdasarkan pembaharuan yang diusulkan (Cristian : 2009 p26) Untuk lebih jelasnya metode yang diusulkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



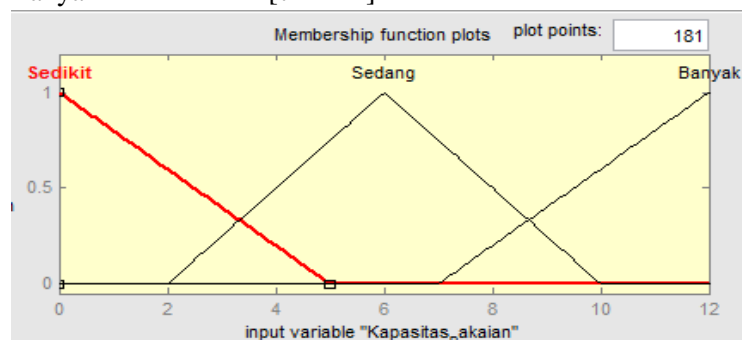
Gambar 1. Metode Yang diusulkan

EXPERIMENT

Pada penelitian dalam penerapan *fuzzy Inference Sistem*, dengan membandingkan tiga metode manakah yang baik untuk konsumsi energy listrik pada mesin cuci yaitu Metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Dengan spesifikasi antara lain:

- a. Variabel input Kapasitas Pakaian

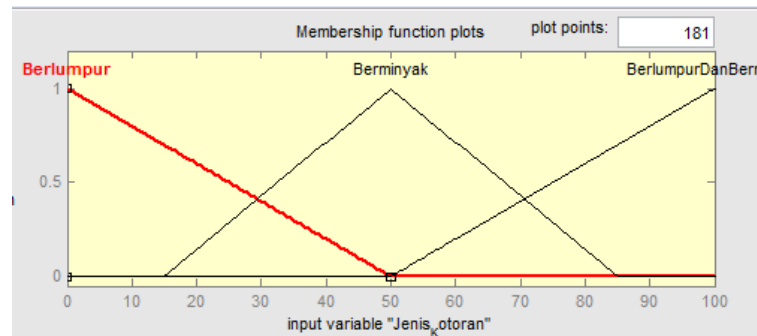
Sedikit = [0 0 5]
Sedang = [2 6 10]
Banyak = [7 12 12]



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan variable Kapasitas Pakaian

b. Variabel Input Jenis Kotoran

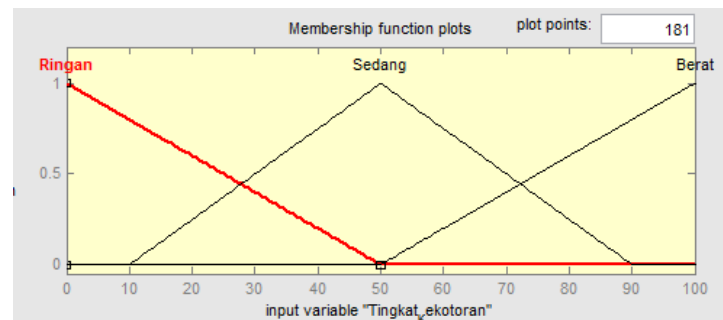
Berlumpur = [0 0 50]
 Berminyak = [15 50 85]
 Berlumpur dan Berminyak = [50 100 100]



Gambar 3. Fungsi Keanggotaan variable Jenis Kotoran

c. Variabel Input Tingkat Kekotoran

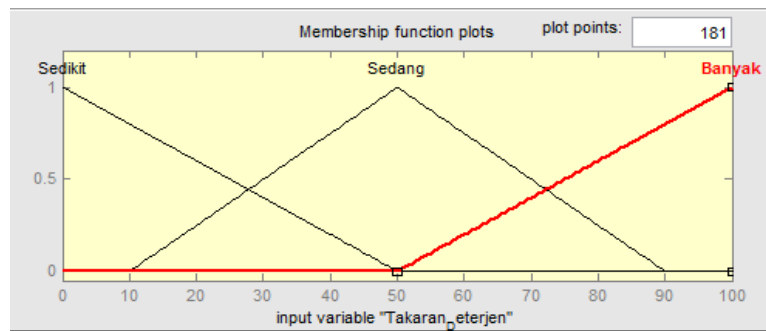
Sedikit = [0 0 50]
 Sedang = [10 50 90]
 Banyak = [50 100 100]



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan variable Tingkat Kekotoran

d. Variabel Input Takaran Deterjen

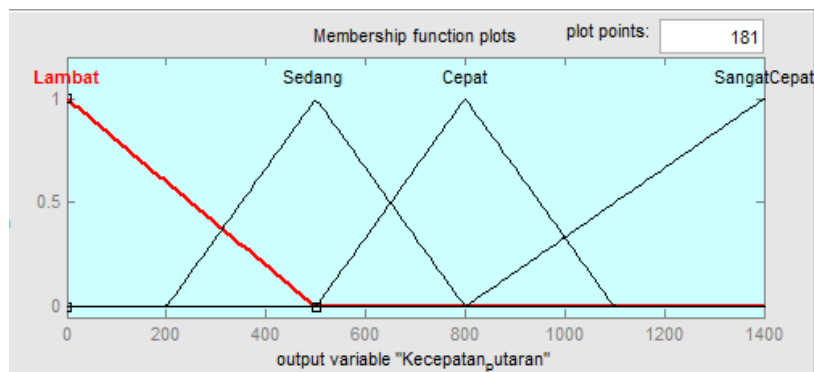
Sedikit = [0 0 50]
 Sedang = [10 50 90]
 Banyak = [50 100 100]



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan variable Takaran Deterjen

e. Variabel Output Kecepatan Putaran

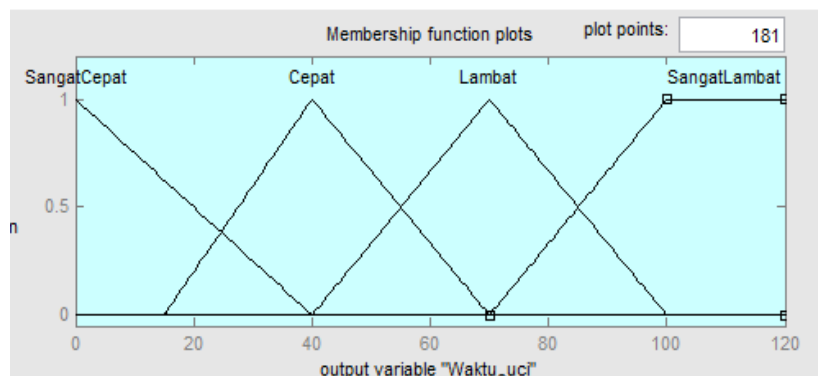
Lambat = [0 0 450]
 Sedang = [200 450 800]
 Cepat = [450 800 1100]
 Sangat Cepat = [800 1400 1400]



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan variable OutPut Kecepatan Putaran

f. Variabel Waktu Cuci

Lambat = [0 0 450]
 Sedang = [200 450 800]
 Cepat = [450 800 1100]
 Sangat Cepat = [800 1400 1400]



Gambar 7. Fungsi Keanggotaan variable Output Waktu Cuci

Rule pada penelitian ini terdiri dari 36 Rule dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 1. Rule Yang Digunakan Eksperimen Pada Penelitian Ini

	Jenis Kotoran	Takaran Deterjen	Tingkat Kekotoran	Kapasitas Pakaian	waktu cuci	Kecepatan Putaran
1	Belumpur	Sedikit	Ringan	Sedikit	Lambat	Lambat
2	Belumpur	Sedang	Ringan	Sedikit	Cepat	Sedang
3	Belumpur	Banyak	Ringan	Sedikit	Sangat Cepat	Sangat Cepat
4	Belumpur	Sedikit	Sedang	Sedikit	Lambat	Sangat Cepat
5	Berminyak	Sedang	Sedang	Sedikit	Cepat	Sangat Cepat
6	Berminyak	Banyak	Sedang	Sedikit	Sangat Cepat	cepat
7	Berminyak	Sedikit	Berat	Sedikit	Sangat Lambat	Sangat Cepat
8	Berminyak	Sedang	Berat	Sedikit	Sangat Lambat	Sangat Lambat
9	Berlumpur dan Berminyak	Banyak	Berat	Sedikit	lambat	Lambat
10	Berlumpur dan Berminyak	Sedikit	Ringan	Sedikit	Sangat Lambat	Sangat Cepat
Dan seterusnya.....						

EVALUASI DAN VALIDASI

Dari hasil experiment dan pengujian metode berupa nilai ouput untuk variable kecepatan putaran dalam satuan rpm dan waktu cuci dalam satuan menit, kemudaian untuk mengetahui tingkat efisiensi penerapan fuzzy inference system pada mesin cuci berhubungan dengan konsumsi energy listrik dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

- a. Variabel output kecepatan putaran dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Power} = \frac{(n..M * \text{Speed} * 3.14)}{30} * 1$$

Keterangan:

- a) Power = Daya (W/hour)
b) n..M = Beban (Nm)
1 Kg =9,81 Nm
c) Speed =Putaran Motor (Rpm)

- b. Variabel output Waktu Cuci dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Power} = \frac{n..M}{9549}$$

Keterangan:

- a) Power = Daya (W/menit)
b) n..M = Beban (Nm)
1 Kg =9,81 Nm

- c. Total konsumsi energy listrik menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sum \text{hasil persamaan kecepatan putaran} + \text{waktu cuci}$$

- d. Tingkat efisiensi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Total Konsumsi } 1 - \text{Total Konsumsi } 2 - \text{Total Konsumsi } 3$$

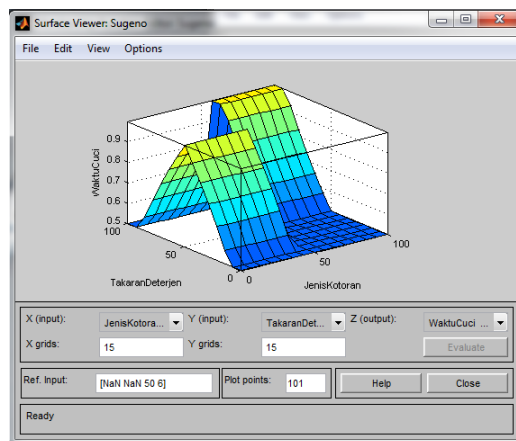
Keterangan:

- a) Total Konsumsi 1 = Total Konsumsi hasil menggunakan metode Mamdani
b) Total Konsumsi 2 = Total Konsumsi hasil menggunakan metode Sugeno
c) Total Konsumsi 3 = Total Konsumsi hasil menggunakan metode Tsukamoto

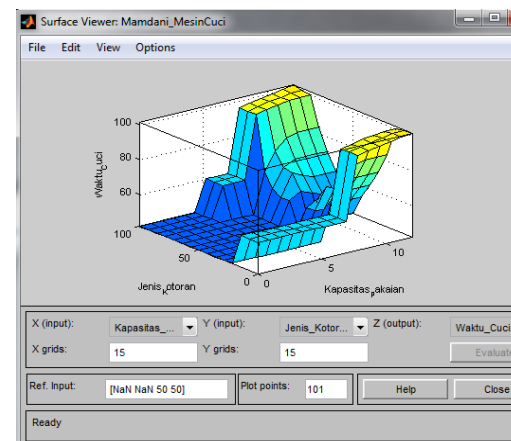
KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa metode Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto terbukti dapat digunakan dalam proses penerapan kedalam control mesin cuci untuk pengurangan konsumsi energy listrik namun hasil yang didapat bervariasi. Hasil experiment yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode yang terbaik dalam hal pengurangan konsumsi energy listrik pada mesin cuci adalah metode Tsukamoto dimana rata-rata efisiensi energy listrik mencapai sebesar 7,54676Kwh, Dengan waktu cuci 45,35 menit.



Gambar 8.
Defuzifikasi Metode Sugeno



Gambar 9.
Defuzifikasi Metode Mamdani

Saran

Saran saran yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya untuk mencapai hasil yang lebih baik diantaranya:

- a. Untuk meningkatkan penghematan energy listrik mesin cuci dengan menambahkan proses variabel input maupun output, maupun penambahan masing-masing penambahan himpunan didalamnya.

- b. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk lebih mengoptimalkan dengan menambahkan metode optimalisasi dalam meningkatkan efisiensi konsumsi energi listrik, seperti penambahan metode optimal seperti *Genetic Algorithm*, maupun *Particle Swarm Optimaze*
- c. Kaitannya dengan industri dan produsen mesin cuci dapat menerapkan hasil penelitian ini kedalam mesin cuci dengan menggunakan microchip ataupun integrasikan kedalam sistem mikrokontroler

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Aubidy, K. (2013). PGA Implementation Of Fuzzy Inference System For Embedded Applications. *International Journal Real-Time System*.
- Ali, M. M., & Al-Aubidy, K. M. (2007). Neuro-Fuzzy Controller Of A Sensorless PM Motor Drive For Washing Machine. *Internasional Conference On System*.
- Altrock, C. V. (2009). *Fuzzy Logic and NeuroFuzzy Technologies in Appliances*. Prentice Hall: Illinois.
- Arabi, B. N., Milasi, R. M., & Lucas. (2017). *Intelligent Modeling And Control Of Washing Machine Using Locally Linier Neuro-Fuzzy (LLNF) Modeling And Modified Brain Emotional Learning Based Intelligent Controller (BELBIC)*. USA: Asian Journal of Control, Vol. 8, No. 4, 8.
- Cristian, D. W. (2009). *Projects in Computing and Information System*. Harlow: Addison Wesley.
- Cirstea, M., Dinu, A., Khor, J. G., & McCormick, M. (2013). *New Delhi*. India: Newnes Publisher.
- Gabroveanu, M., & Lancu, I. (2010). Fuzzy Logic Controller Based On Association Rules. *Internasional Conference Mathematics And Computer Science. ACTA Press*, 12-21.
- Ghorapade, A., & Jadhav, A. (2015). Fuzzy Logic Based Speed Control System "Comparative Study". *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, 4, 1-6.
- Ghorapade, A., & Jadhav, A. (2015). Fuzzy Logic Based Speed Control System "Comparative Study". *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, 4, 1-6.
- Hermawanto, D. (2006). *Tutorial Pemograman Fuzzy Logic*. Jakarta: Ilmu Komputer.
- Ibrahim, A. M. (2018). *Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications*. USA: Fuzzy Logic for Embedded Systems Applications. Elsevier Science.
- Jantzen, J. (2008). *Design Of Fuzzy Controllers*. Denmark: Department of Automation.
- Kusumadewi, S. (2005). *Artificial Intelligenci (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lasri, R., Rojas, I., & Pomares, H. (2012). Fuzzy Logic Controllers Improves Human Daily Life The State-Of-The Art (Best Accuracy & More Flexibility). *International Journal of Computer Applications*.
- Lohani, P. (2010). Design Of An Improved Fuzzy Controller Microchip For Washing Machine. *II*. Auckland, New Zealand: Massey University of Engineering.
- Milasi, R. M., Jamali, M. R., & Lucas, C. (2007). Intelligent Washing Machine. *A Bioinspired and Multi-objective Approach. International Journal Of Control, Automation And System*.
- Naba, A. (2011). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Nygards, T. (2011). Washing Machine Design Optimization Based on Dynamics Modeling. Goteborg, Sweden: Master's Thesis, Chalmers University Of Technology.
- Piegat, A. (2005). *A New Definition Of The Fuzzy Set*. Poland: Faculty of Computer Science and Information Systems.
- Polo, J. (2001). *Development And Testing Of A Number Of Matlab Based Fuzzy System Applications*. Warwick: School of Engineering, University of Warwick.
- PT. Panasonic Gobel Indonesia. (2012). *Mitra Panasonic*. Indonesia: Master's Thesis, Chalmers University Of Technology.
- Siler, W., & Buckley, J. J. (2008). *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*. Birmingham: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Suyanto. (2008). *Soft Computing*. Bandung: Informatika.

- Wang, L. X. (2011). Course in Fuzzy Systems and Control. *Prentice-Hall International*. Hongkong: Inc.
- Zilouchian, A., & Jamsidi, M. (2016). *Intelligent control systems using soft computing methodologies*. Newyork, USA: CRC Press: CRC Press.