

ANALISA KOMPARASI METODE MAMDANI DAN SUGENO PADA FUZZY INFERENCE SISTEM UNTUK PENGURANGAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA AIR CONTIONER

¹ Teguh Budi Santoso, ² Agung Priambodo, ³Bosar Panjaitan
Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Teknik, Universitas Satya Negara Indonesia
Jl. Arteri Pondok Indah No. 11 Jakarta 12240
Email : teguh.santos12@gmail.com

ABSTRAK

Pendingin udara atau yang lebih dikenal *air conditioner* (AC) saat ini merupakan salah satu peralatan elektrik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia untuk mengurangi udara panas, terutama untuk masyarakat yang tinggal didaerah yang memiliki cuaca panas. Akan tetapi penggunaan pendingin udara ini memiliki kekurangan karena konsumsi energi listrik dari penggunaan pendingin udara mencapai 90% ketika dioperasikan pada waktu beban puncak listrik atau sekitar pukul 17.00 sampai dengan 22.00.

Mengingat semakin menipisnya cadangan energi listrik maka perlu untuk melakukan penghematan dan efisiensi penggunaan energi listrik, salah satu sektor yang diwajibkan melakukan penghematan energi menurut Peraturan Pemerintah No 70 tahun 2009 adalah sektor rumah tangga, dalam hal ini adalah penghematan pada pendingin udara, salah satu metode yang dapat digunakan untuk penghematan energi listrik pendingin udara adalah fuzzy inference system. Beberapa metode yang biasa digunakan dalam fuzzy inference system diantaranya adalah metode Mamdani dan Sugeno.

Hasil dari penelitian ini berdasarkan setelah dilakukan pengujian dari kedua metode Mamdani dan Sugeno dalam pengehematan energy listrik, yaitu ditunjukkan dengan menggunakan metode Mamdani pada fuzzy inference system yaitu untuk putaran Motor dengan satuan Rpm Rata-rata adalah 1425.65 Rpm, dan menghasilkan rata-rata Daya Cooling 11.132 Kwh dalam satuan listrik. Dan Metode Sugeno untuk putaran Motor dengan satuan Rpm rata-rata adalah 1413.1 Rpm, dan Daya Cooling 11.034 Kwh menunjukkan nilai yang cukup efisien dalam penggunaan konsumsi energy listrik.**Kata kunci** : TOPSIS, Biro iklan rekanan terbaik, Lamanya pembayaran iklan, Kontinuitas Pemasangan iklan dan pelayanan biro iklan tersebut terhadap pemasang.

Kata Kunci:

Pendingin Udara (AC), Penghematan Energi, Fuzzy Inference Sistem, Mamdani, Sugeno.

1. PENDAHULUAN

Pendingin udara atau yang lebih dikenal *air conditioner* (AC) saat ini merupakan salah satu peralatan elektrik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia untuk mengurangi udara panas, terutama untuk masyarakat yang tinggal didaerah yang memiliki cuaca panas. Pendingin udara digunakan untuk merubah temperatur udara dalam suatu ruangan menjadi nyaman karena mampu merubah suhu dan kelembaban sesuai dengan keinginan penggunanya.

Temperatur udara yang dihasilkan AC merupakan hasil proses dari *evaporator* dan kondensor. Pengaturan temperatur (Bahri & Ramdan, 2009) dilakukan dengan menjalankan dan menghentikan kerja kompresor yang

digerakkan dengan sebuah motor. Akan tetapi penggunaan pendingin udara ini bukan tidak memiliki kekurangan (Nasution, 2011), karena penggunaan pendingin udara mengakibatkan konsumsi energi listrik bertambah besar, konsumsi energi dari penggunaan pendingin udara mencapai 90% ketika dioperasikan pada waktu beban puncak listrik atau sekitar pukul 17.00 sampai dengan 22.00.

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia untuk mendukung aktifitasnya, seiring bertambahnya populasi penduduk tentunya akan berimbas kepada peningkatan konsumsi energi listrik. Energi listrik yang tersedia di Indonesia saat ini belumlah mencukupi untuk segala kegiatan yang ada, hal ini dibuktikan dengan seringnya terjadi pemadaman bergilir di beberapa daerah di Indonesia sehingga perlu untuk melakukan penghematan energi dan menggunakan energi listrik seefisien mungkin (Sudirman, 2011). Seiring himbauan pemerintah tentang penghematan energi baik dalam lingkup rumah tangga maupun industri yang didasari oleh besarnya konsumsi energi dari peralatan rumah tangga maupun peralatan industri. Data yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM, 2011) menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik yang berasal dari peralatan rumah tangga pada tahun 2011 adalah sebesar 59.309 GWh atau sekitar 41,1% dari total 148.359 GWh, dimana untuk konsumsi energi dari penggunaan pendingin udara dalam lingkup rumah tangga mencapai 40%.

Mengurangi pemakaian energi dan memberikan kenyamanan ruangan (suhu optimal) merupakan dua pertimbangan yang penting pada perencanaan sistem pengkondisi udara (Nasution, 2011). Perhitungan beban pendinginan yang cermat (SNI, 2000) akan dapat menjamin diperhatikannya sebanyak mungkin peluang penghematan energi pada tahap perencanaan. Untuk mengurangi konsumsi energi dari penggunaan pendingin udara, pada tahun 1990 Mitsubishi pertama kali menerapkan *fuzzy logic* pada mesin pendingin udara dan terus berkembang hingga saat ini (Altrock, 2001). Beberapa penelitian tentang penghematan energi dari penggunaan pendingin udara yang telah dilakukan (Wang, 2009) dimana tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi konsumsi energi dari penggunaan pendingin udara dalam ruangan, dengan percobaan dilakukan di enam ruangan kantor. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa pendingin udara yang dikendalikan dengan *fuzzy logic control* dengan optimasi algoritma genetik menghasilkan penghematan energi sebesar 23,8% dengan pengaturan suhu 23^oC.

Kemudian penelitian dengan melakukan pengukuran yang dilakukan selama kurun waktu dua jam (Nasution, 2011) menghasilkan penghematan energi sebesar 22,97% dengan suhu yang ditetapkan sebesar 20^oC. Selanjutnya penelitian tentang perbandingan antara *fuzzy logic* metode Mamdani dengan *neuro fuzzy* (Kaur & Kaur, 2012) untuk pengaturan pendingin udara menghasilkan penghematan energi sebesar 20% untuk penerapan *fuzzy logic* dan 40% untuk penerapan *neuro fuzzy* pada pendingin udara.

Dalam penelitian ini akan dilakukan komparasi 2 sistem inferensi *fuzzy*, yaitu metode Mamdani, dan Sugeno untuk pengurangan konsumsi energi listrik pada pendingin udara sehingga hasil akhirnya diharapkan dapat tercipta efisiensi energi yang lebih baik. Selain itu perbandingan 2 metode tersebut juga diharapkan dapat dijadikan acuan bagi produsen pendingin udara untuk dapat merancang pendingin udara hemat energi yang lebih baik dibandingkan dengan pendingin udara yang digunakan oleh masyarakat saat ini.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisa Kebutuhan

Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dimaksud dalam penelitian ini adalah proses pengambilan data-data yang bersumber dari jurnal, paper, buku serta beberapa informasi lainnya yang berhubungan dengan penelitian dan kutipan dari data Kementerian Energi dan Sumber daya Mineral serta dari Badan Standarisasi Nasional, karena data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data input untuk pendingin udara dengan menggunakan *fuzzy logic* berasal dari sensor suhu dan sensor kelembaban yang selanjutnya disebut dengan variabel untuk masing-masing sensor dengan perincian sebagai berikut:

1. Variabel suhu dengan semesta pembicaraan mulai dari 0°C sampai dengan 45°C.
2. Variabel kelembaban dengan semesta pembicaraan mulai dari 0% sampai dengan 100%.

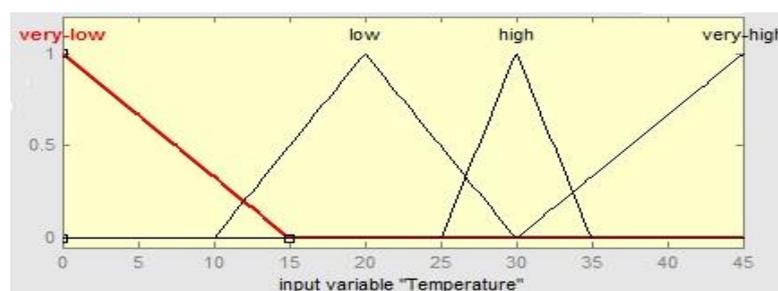
Pengolahan Data Awal

Yang dimaksud dengan pengolahan data dalam penelitian ini adalah proses pengelompokan data data yang telah dikumpulkan sebelumnya dengan tujuan untuk menentukan variabel-variabel yang akan digunakan beserta himpunan-himpunan yang termasuk kedalam variabel-variabel yang digunakan. Sebagai berikut:

- a. Variabel *Temperature* terbagi kedalam empat himpunan, yaitu:

Very low	= [0 15]
Low	= [10 20 30]
High	= [25 30 35]
Very high	= [30 45]

Dengan fungsi keanggotaan seperti pada gambar 3.2



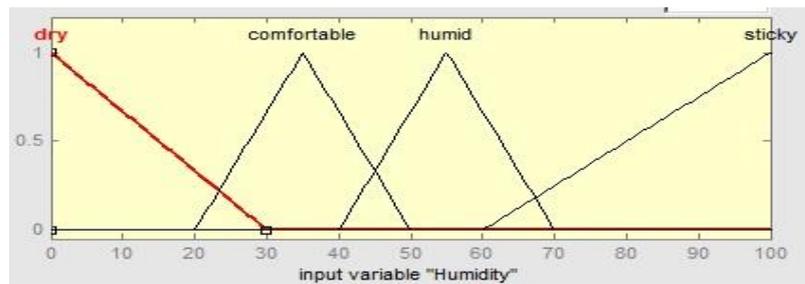
Gambar 3.1

Fungsi keanggotaan variabel Temperature

- b. Variabel *Humidity* terbagi kedalam empat himpunan, yaitu:

Dry	= [0 30]
Comfortable	= [20 35 50]
Humid	= [40 55 70]
Sticky	= [60 100]

Dengan fungsi keanggotaan seperti pada gambar 3.3



Gambar 3.2

Fungsi keanggotaan variabel Humidity

Variabel *output* yang ditentukan terbagi menjadi:

Fungsi keanggotaan metode Mamdani

a. Variabel *Compressor Speed* yang terbagi kedalam empat himpunan, yaitu:

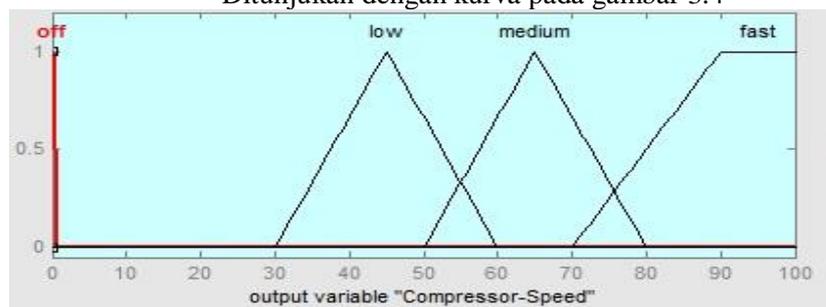
Off = [0]

Low = [30 45 60]

Medium = [50 65 80]

Fast = [70 90 100]

Ditunjukkan dengan kurva pada gambar 3.4



Gambar 3.3

Fungsi keanggotaan Compressor Speed

Fungsi keanggotaan *compressor speed* metode Sugeno ditunjukkan pada tabel 3.1

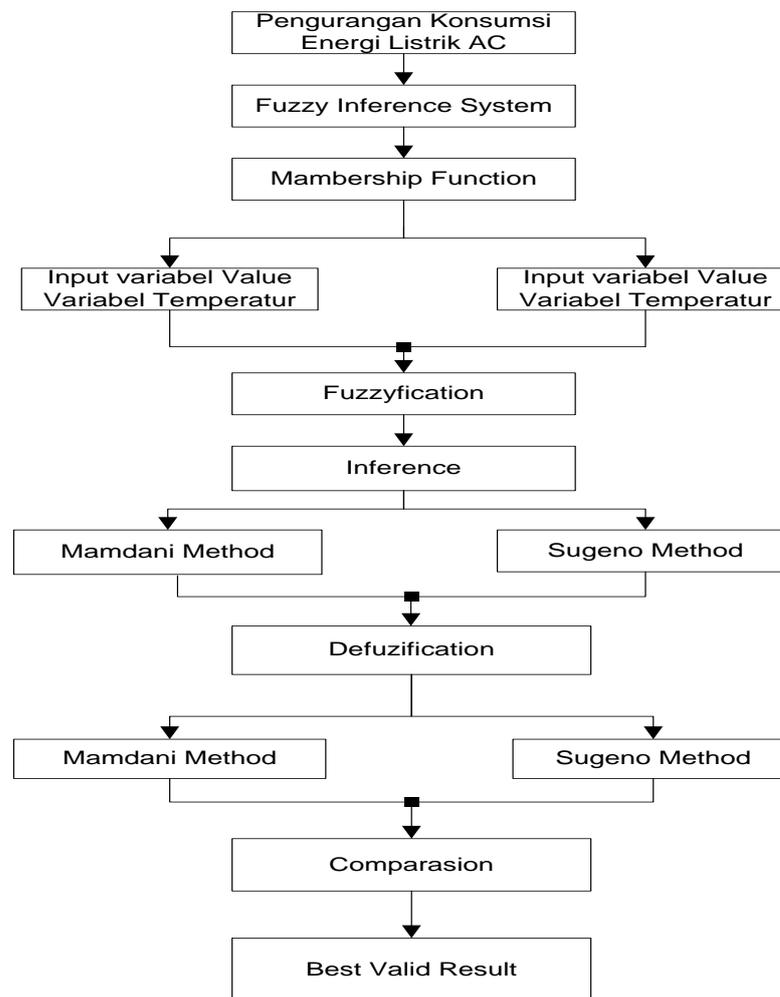
Tabel 3.1

Fungsi keanggotaan Compressor Speed metode Sugeno

Compressor Speed	Constant Value
Off	0
Low	0.3333
Medium	0.6667
Fast	1

Metode yang Diusulkan

Dalam penelitian ini metode yang diusulkan adalah metode Mamdani dan, Sugeno pada *fuzzy inference system*. Dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.4
Metode yang diusulkan

Eksperimen dan Pengujian Metode

Eksperimen dan pengujian metode dalam penelitian ini adalah proses penghitungan dan simulasi dengan memasukkan nilai dari masing-masing variabel input yang digunakan sebagai parameter ukur untuk mencari metode yang terbaik antara metode Mamdani dan Sugeno pada *fuzzy inference system* dengan simulasi menggunakan *software* Matlab dan juga sekaligus untuk membandingkan metode. Adapun rule yang digunakan pada penelitian ini, dapat dilihat pada table 3.3.

Tabel 3.2
Rule base fuzzy logic

Rules	Temperature	Humidity	Compressor Speed
1	Very low	Dry	Off
2	Very low	Comfortable	Off
3	Very low	Humid	Off
4	Very low	Sticky	Low
5	Low	Dry	Off
6	Low	Comfortable	Off
7	Low	Humid	Low
8	Low	Sticky	Medium
9	High	Dry	Low
10	High	Comfortable	Medium
11	High	Humid	Fast
12	High	Sticky	Fast
13	Very high	Dry	Medium
14	Very high	Comfortable	Fast
15	Very high	Humid	Fast
16	Very high	Sticky	Fast

Untuk mengetahui konsumsi energi listrik pendingin udara dengan metode Mamdani dan Sugeno dalam penelitian ini diambil contoh perhitungan data dengan perincian seperti dalam tabel 3.4.

Tabel 3.3
 Data sampling

Temperature	Humidity
27°C	44%
33°C	68%

Evaluasi dan Validasi Hasil

Evaluasi dan validasi hasil yang dimaksud dalam penelitian ini adalah proses perhitungan nilai *output fuzzy inference system* metode Mamdani dan Sugeno dengan menggunakan persamaan energi listrik sehingga hasil akhirnya menjadi nilai dalam satuan Kwh. Dari hasil eksperimen dan pengujian metode kemudian nilai *output* tersebut dikonversikan kedalam satuan kecepatan putaran motor atau RPM (*Rotation Per Minute*), setelah mendapatkan nilai dalam satuan RPM langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan konsumsi energi listrik dari putaran motor tersebut dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Power = \frac{\left(\frac{(Torque \cdot Speed \cdot 3.14159) \cdot 10000}{30}\right)}{10000} \quad (3.1)$$

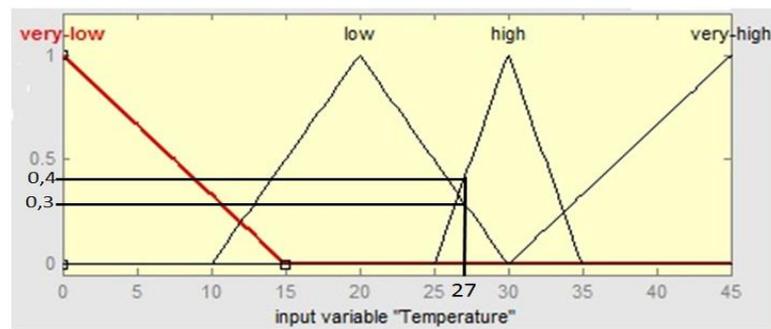
Keterangan:

1. Power = Daya (Kwh).
2. Torque = Torsi (Nm).
 $\rightarrow 1 \text{ Hp} = 550 \text{ lb ft/s} = 745,701 \text{ Nm}.$
3. Speed = Putaran motor (Rpm).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Fuzzyfikasi

1. Variabel *Temperature Crisp Input 27°C*



Gambar 5

Fungsi keanggotaan variabel *Temperature Crisp Input 27°C*

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq c \\ (x - a)/(b - a) & a < x \leq b \\ -(x - c)/(c - b) & b < x \leq c \end{cases}$$

$$\mu_{High}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \\ (27 - 25)/(30 - 25) & 25 < x \leq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{High}[x] = 0.4$$

$$\mu_{Low}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 30 \\ -(27 - 30)/(30 - 20) & 20 < x \leq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{Low}[x] = 0.3$$

2. Inference

Base Rule yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.4
 Inference System

Temperature \ Humidity	Humidity			
	Dry	Comfortable	Humid	Sticky
Very Low	Off	Off	Off	Low
Low	Off	Off	Low	Medium
High	Low	Medium	Fast	Fast

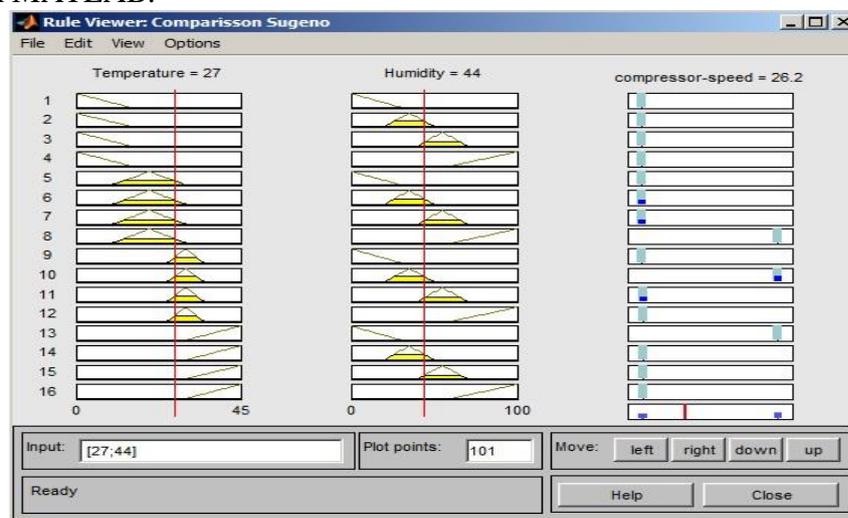
Very High	Medium	Fast	Fast	Fast
-----------	--------	------	------	------

Dengan penjelasan sebagai berikut:

- If Temperature is Very Low and Humidity is Dry Then Speed is Off.
- If Temperature is Very Low and Humidity is Comfortable Then Speed is Off
- If Temperature is Very Low and Humidity is Humid Then Speed is Off
-dst.

3. Defuzzification

Defuzzification metode Sugeno crisp input Temperature 27°C dan Humidity 44% dengan MATLAB.



Gambar 2
Defuzzification metode Sugeno crisp input Temperature 27°C Humidity 44% dengan MATLAB.

Hasil simulasi metode Sugeno pada gambar 2 menunjukkan bahwa jika Temperature yang diberikan 27°C dan Humidity 44% maka compressor speed sebesar 26,2%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa metode Mamdani, dan Sugeno terbukti dapat digunakan pada mesin pendingin udara untuk pengurangan konsumsi energi listrik namun hasil yang didapat masih bervariasi. Dari kedua metode yang dibandingkan, metode yang paling baik dalam hal pengurangan konsumsi energi listrik adalah metode Sugeno dengan penghematan sebesar 36,9 %, atau 71 Kwh setelah di konversikan.

5.2 Saran

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

- a. Untuk meningkatkan penghematan energi listrik pendingin udara dengan perbandingan metode Mamdani, dan Sugeno pada *fuzzy inference system* dapat ditambahkan variabel output ataupun penambahan himpunan dari masing-masing variabel yang digunakan.
- b. Perlu Untuk meningkatkan hasil yang lebih maksimal, dengan mencoba membandingkan dengan metode Tsukamoto pada fuzzy inference system dalam penerapan system control AC.
- c. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk lebih mengoptimalkan atau meningkatkan pengurangan konsumsi energi listrik pendingin udara diantaranya dengan melakukan optimasi menggunakan Genetic Algorithm atau Neuron Network.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, M., Khan, M. S., & Zafar, F. (2011). Autonomous Room Air Cooler Using Fuzzy. *International Journal of Scientific & Engineering Research (IJSER)*, 1-8.
- Altrock, C. v. (2001). *Fuzzy Logic and NeuroFuzzy Technologies in Appliances*. Prentice Hall.
- Bahri, Z., & Ramdan, D. (2009). Pengendali Temperatur AC (Air Conditioner) Dengan Menggunakan Smart Relay Untuk Mengurangi Konsumsi Energi Listrik. *SEMAI Teknologi*, 63-120.
- Bojadziew, G., & Bojadziew, M. (2007). *Fuzzy Logic For Business, Finance And Management*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- BPPT. (2011). *Outlook Energi Indonesia 2011*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Budiman, A., Ramdoner, J., Adha, M. L., & Parulian, S. (2010). *Generation Of Electricity*. Depok: Teknik Tenaga Listrik Departemen Elektro Universitas Indonesia.
- Dirjen Listrik KESDM. (2011). *Statistik Listrik Energi Terbarukan*. Jakarta: Kementerian Energi Sumber Daya Mineral.
- Hermawanto, D. (2006). *Tutorial Pemrograman Fuzy Logic*. Jakarta: Ilmu Komputer.
- IEA. (2011). *World Energy Outlook*. Paris: International Energy Agency.
- Jantzen, J. (2008). *Design Of Fuzzy Controllers*. Denmark: Department of Automation.
- Jeganathan, V., Balasubramanian, A. S., Shankar, N. R., Subbaraman, S., & Rengaraj, R. (2008). An Intelligent Cascaded Fuzzy Logic Based Controller for Controlling the Room Temperature in Hydronic Heating System. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 183-187.
- Kandel, A., & Langholz, G. (1993). *Fuzzy Control Systems*. CRC Press.
- Kaur, A., & Kaur, A. (2012). Comparison Of Fuzzy Logic And Neuro Fuzzy Algorithms For Air Conditioning System. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 417-420.
- KESDM. (2006). *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 030*. Jakarta: Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- KESDM. (2011). *Statistik Listrik*. Jakarta: PUSDATIN.
- Mubashar, A. S., Khan, M. S., & Ahmad, K. (2011). Autonomous Environment Control System. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 1-6.
- Nasution, H. (2008). Development of a Fuzzy Logic Controller Algorithm for Air-conditioning System. *TELKOMNIKA*, 73-82.
- Nasution, H. (2011). Energy Analysis for Air Conditioning System Using Fuzzy Logic Controller. *TELKOMNIKA*, 139-150.
- Parameshwaran, R., Karunakaran, R., Iniyan, S., & Samuel, A. A. (2008). Optimization of Energy Conservation Potential for VAV Air Conditioning System using Fuzzy

- based Genetic Algorithm. *International Journal of Engineering and Natural Sciences (IJNES)*, 223-230.
- Pieगत, 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.
- Prats, P. J. (2001). *Development And Testing Of A Number Of Matlab Based Fuzzy System Applications*. Warwick: School of Engineering, University of Warwick.
- PUSDATIN KESDM. (2011). *Statistik Listrik*. Jakarta: Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Quan, A. V. (2006). *Degradation Of The Solar Cell Dye Sensitizer N719*. Denmark: Department of Life Sciences and Chemistry.
- Ross, T. J. (2010). *Fuzzy Logic With Engineering Applications Third Editions*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Sadita, L. (2009). *Study Komparasi Penerapan Logika Fuzzy Pada Uji Kemiripan Profil DNA Manusia*. Jakarta: Fakultas Ilmu Komputer UI.
- Siler, W., & Buckley, J. J. (2008). *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*. Birmingham: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Singh, J. (2006). Fuzzy Modeling and control of HVAC. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 470-476.
- Sitompul, R. (2011). *Teknologi Energi Terbaru Yang Tepat Untuk Aplikasi Di Masyarakat Perdesaan*. Jakarta: PNPM Support Facility (PSF).
- Sivanandam, S. N., Sumathi, S., & Deepa, S. N. (2007). *Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer.
- SNI. (2000). *Nomor 03-6390-2000*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- SNI. (2000). *Nomor 03-6390-2000*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Sudirman. (2011). Pengaruh Fuzzy Logic Control Dibandingkan Dengan Kontrol Konvensional Terhadap Konsumsi Energi Listrik Pada Air Conditioning. *International Journal of Engineering and Natural Sciences*, 171-176.
- Susilo, F. (2006). *Himpunan & Logika Kabur Serta Aplikasinya*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Suyanto. (2008). *Soft Computing*. Bandung: Informatika.
- UNEP. (2006). *Refrigerasi & Sistim Penyejuk AC*. Jakarta: United Nations Environment Program.
- Wang, F. e. (2009). Evaluation And Optimization Of Air Conditioner Energy Saving Control Considering Indoor Thermal Comfort. *Eleventh International IBPSA Conference*. Glasgow, Scotland: IBPSA.
- Wang, S. K. (2001). *Handbook Of Air Conditoiner And Refrigeration*. New York: McGraw-Hill.