
PENGENDALI LOGIKA FUZZY SUHU HIPERTERMIA BERBASIS VISUAL BASIC DAN AKUISISI BERBASIS USB

Andi Kurniawan Nugroho

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Semarang

Email : andikn76@gmail.com

Abstract

Therapy using heat (Hyperthermia) have drawn attention and have been done in so many form. The controlling of Hyperthermia temperature determines the therapy efficiency with the thermal effect. This matter is needed so that the obtained result of optimal therapy without generating loss off destruction of healthy cell. PID Controller which is used in conducting temperature felt still have an inconvenient overshoot and also oscillation. Something else that becoming constraint is very complicated mathematical model.

The aim of this research is to prove that by using fuzzy logic will minimize the overshoot value so that the result is accurate in determination of temperature set point (43°C). The steps of these research are : doing the sensor compensation, measuring the output voltage of sensor amplifier, determining the regression coefficients value to find the linear regression equation, determining the deviation standard into Visual Basic 6 program, to interface between the computer and the USB 1208LS through Instacal program, classifying the control of Fuzzy Logic.

The conclusions of this research are : the more the number of iteration (temperature increasing), the smaller error, d_error and d_temperature value can get. The using of fuzzy rule and the boundaries of membership value, which not accurate can affect the stability and the system response speed. The life and dead time of the magnetron are determined by the duty cycle that will be put into the graph of membership function, delta_temperature (u). The higher value of the duty cycle, the longer life time that compared to the dead time.

Keywords : temperature, hyperthermia, fuzzy logic, USB, duty cycle.

Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan dalam bidang teknologi informatika dan komputer maka dimungkinkan untuk melakukan pengendalian suhu Hipertermia secara otomatis dan akurat. Hipertemia berarti kenaikan suhu beberapa derajat celsius diatas suhu fisiologi normal. Untuk manusia hal ini berarti suhu dari 40 °C sampai 45°C. Tujuan terapi dengan Hipertermia adalah membangkitkan panas yang cukup untuk membunuh sel tumor tanpa merusak sel sehat. Hipertermia dapat digunakan secara tersendiri atau bergabung dengan terapi kimia atau terapi radio.

Pengendali suhu melalui USB 1208LS berbasis *Fuzzy logic* untuk sistem Hipertermia dirancang agar dapat mengendalikan suhu sesuai dengan yang diinginkan. Sistem Hipertermia membutuhkan suatu pengendali agar dapat bekerja sesuai dengan suhu yang dikendalikan. Penggunaan *Personal Computer* (PC) dapat difungsikan sebagai pengendali suhu pada sistem ini dan juga sebagai perangkat visualnya. PC dapat menerima masukan dari sensor suhu yang terlebih dahulu dilakukan perubahan sinyal analog ke digital di dalam USB 1208LS agar dapat dibaca oleh PC, kemudian PC melakukan pengolahan masukan untuk mengendalikan tegangan yang dikeluarkan untuk mengendalikan magnetron, sehingga diperoleh variasi suhu.

Tinjauan Pustaka

Dasar-Dasar Biologis

Hipertermia adalah kenaikan suhu beberapa derajat celsius diatas fisiologis normal (untuk manusia: suhu 41 °C – 44 °C).Membangkitkan panas yang cukup untuk membunuh sel-sel kanker tanpa merusak sel-sel sehat.Hipertermia terutama digunakan sebagai pelengkap radioterapi dan kimiaterapi untuk memperbesar kepekaan sel kanker terhadap radiasi dan obat.

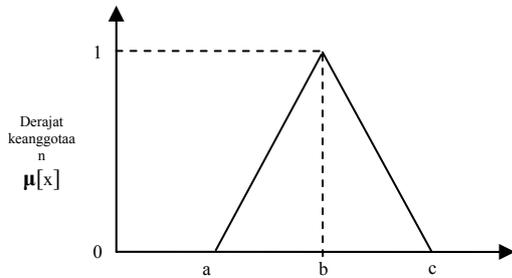
Penerapan Hipertermia dapat secara lokal (hanya jaringan tumornya), regional (misal pada anggota badan) ataupun total (keseluruhan badan). Secara fisik teknik untuk Hipertermia antara lain meliputi: konduksi melalui permukaan kulit, ultrasonik, serta elektromagnetik (mencakup teknik pemanasan secara induktif, kapasitif dan radiatif).

Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik masukan data ke dalam nilai keanggotaannya (sering disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara adalah dengan melalui beberapa pendekatan fungsi.

Representasi kurva segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut.



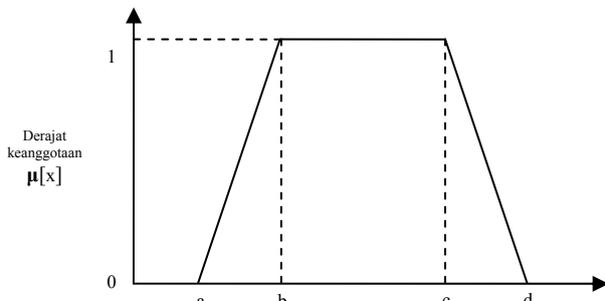
Gambar 2.1 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x < a \text{ atau} \\ (x-a)/(b-a); & a < x < b \\ (c-x)/(c-b); & b < x < c \end{cases} \tag{2.1}$$

Representasi kurva trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut.



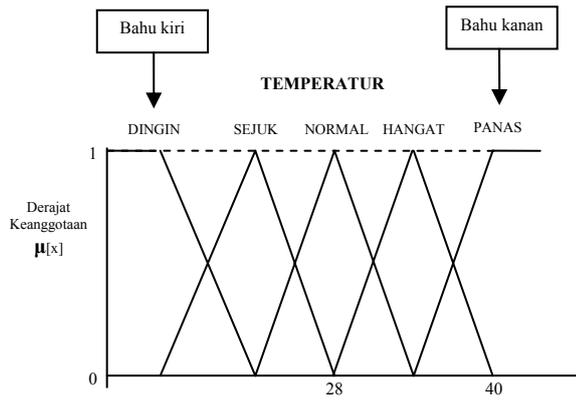
Gambar 2.2 Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x < a \text{ atau } x > d \\ (x-a)/(b-a); & a < x < b \\ 1; & b < x < c \\ (d-x)/(d-c); & x > d \end{cases} \tag{2.2}$$

Representasi kurva bentuk bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variabel tersebut tidak mengalami perubahan. Seperti terlihat pada Gambar 2.3. Sebagai contoh, apabila telah mencapai kondisi PANAS, kenaikan suhu akan tetap berada pada kondisi PANAS. Himpunan *Fuzzy* ‘bahu’, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *Fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar.

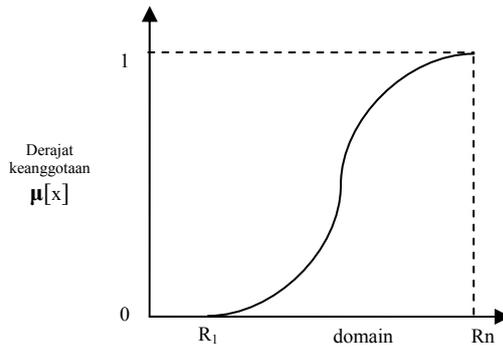


Gambar 2.3 Kurva Bahu

Representasi Kurva-S

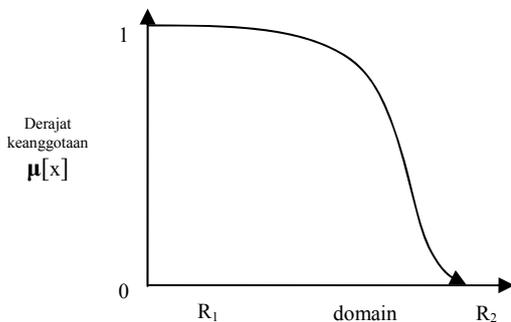
Kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN merupakan kurva-S atau sigmoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linier.

Kurva-S untuk pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50 % nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi. Gambar 2.4 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk kurva S pertumbuhan.



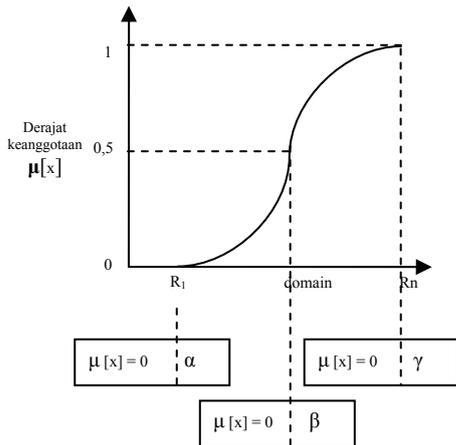
Gambar 2.4 Kurva-S Pertumbuhan

Kurva-S untuk PENYUSUTAN akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0). Gambar 2.5 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk kurva S penyusutan.



Gambar 2.5 Kurva-S Penyusutan

Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan 3 parameter yaitu: nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau crossover (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar, seperti yang terlihat pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 karakteristik fungsi kurva-S

Fungsi keanggotaan kurva PERTUMBUHAN adalah :

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0; & x < \alpha \\ 2((x-\alpha)/(\gamma-\alpha))^2; & \alpha < x < \beta \\ 1-2((\gamma-x)/(\gamma-\alpha))^2; & \beta < x < \gamma \\ 1; & x \geq \gamma \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan kurva PENYUSUTAN adalah:

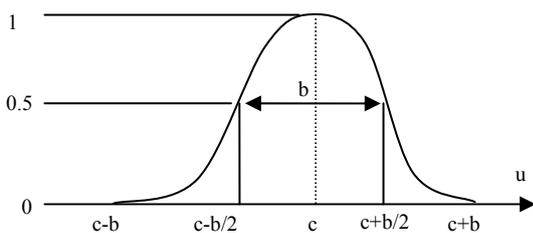
$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1; & x < \alpha \\ 2((x-\alpha)/(\gamma-\alpha))^2; & \alpha < x < \beta \\ 1-2((\gamma-x)/(\gamma-\alpha))^2; & \beta < x < \gamma \\ 0; & x > \gamma \end{cases} \tag{2.5}$$

Representasi kurva bentuk lonceng (fungsi π)

Fungsi ini berbentuk bel atau lonceng dan mempunyai dua parameter yaitu b dan c (Gambar 2.7). Parameter c menentukan titik tengah dan parameter b menentukan lebar bidang pada titik persilangan. Titik persilangan terdapat pada: $u = c \pm b/2$

Definisi fungsi π adalah sebagai berikut:

$$\pi(u; b, c) = \begin{cases} S(u; c-b, c, c+b) & \text{Untuk } u \leq c \\ 1 - S(u; c+b, c, c-b) & \text{Untuk } u \geq c \end{cases} \tag{2.6}$$



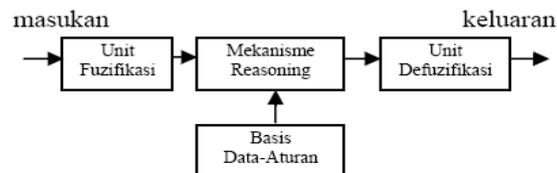
Gambar 2.7. Fungsi keanggotaan bel

Untuk merepresentasikan bilangan *Fuzzy*, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi menjadi 3 kelas, yaitu: himpunan *Fuzzy* PI, beta, dan Gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya.

Struktur Dasar FLC (*Fuzzy Logic Controller*)

Struktur sederhana dari pengendali logika fuzi secara umum terdiri dari :

1. Unit fuzifikasi
2. Basis data-aturan
3. Mekanisme *Reasoning*
4. Unit Defuzifikasi



Gambar 2.7 Langkah-langkah logika *Fuzzy*

Fuzzyfikasi yang merupakan penerjemahan masukan dalam peta logika fuzzy, Inferensi yaitu pembuatan aturan-aturan fuzzy yang dinyatakan dengan *if ... then* dan yang ketiga adalah defuzzyfikasi yang merupakan penerjemahan logika fuzzy menjadi keluaran sistem kendali

Konfigurasi USB 1208LS

USB-1208LS mempunyai delapan masukan analog, dua keluaran analog 10 bit, 16 koneksi I/O digital, dan satu counter eksternal 32-bit. USB-1208LS disuplai + 5 volt dari USB komputer, tidak ada tenaga luar yang dibutuhkan. Masukan analog USB-1208LS adalah perangkat lunak yang dapat dikonfigurasi delapan masukan 11 bit *single-ended*, atau empat masukan diferensial 12-bit.



Gambar 2.8 USB tipe 1208LS

Visual Basic (VB) 6

Visual Basic adalah salah satu bahasa pemrograman komputer. Bahasa pemrograman adalah perintah-perintah yang dimengerti oleh komputer untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Bahasa pemrograman Visual Basic, yang dikembangkan oleh Microsoft sejak tahun 1991, merupakan pengembangan dari pendahulunya yaitu bahasa pemrograman BASIC (*Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code*) yang dikembangkan pada era 1950-an. Visual Basic merupakan salah satu *Development Tool* yaitu alat bantu untuk membuat berbagai macam program komputer, khususnya yang menggunakan sistem operasi Windows. Visual Basic merupakan salah satu bahasa pemrograman komputer yang mendukung objek (*Object Oriented Programming = OOP*).

Pengaksesan Port USB pada Visual Basic

Visual Basic tidak dapat mengakses hardware secara langsung dalam sistem operasi Windows, maka permintaan pengaksesan hardware harus melalui windows, oleh karena itu

dibutuhkan file eksternal yaitu file berekstensi .dll. Untuk Windows Xp dinamakan cbw32.dll. Untuk menggunakannya, file dll ini diletakkan dalam direktori//windows/sistem32.

Linieritas Pengukuran

Uji linieritas ini dilakukan dengan melakukan analisis Regresi Linier , yaitu dengan mencari nilai a dan b kurva linier :

$$Y = a + bX \quad (2.7)$$

dengan :

Y = Suhu konversi (°C)

X = Nilai ADC yang terbaca pada tegangan tertentu (bit)

a = °C

b = °C / bit, a dan b adalah koefisien regresi

Nilai a dan b dapat dihitung dengan rumus :

$$a = \frac{\sum X^2 \sum Y - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.8)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.9)$$

dengan

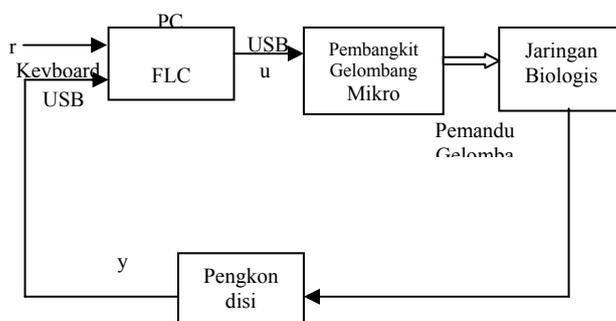
n = jumlah pengukuran

Dengan penyimpangan terhadap linieritas (Standar Deviasi) :

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Vi - Yi)^2} \quad (2.10)$$

S = °C

Metode Penelitian



Gambar 3.1 Pengendali temperatur pada sistem hipertermia

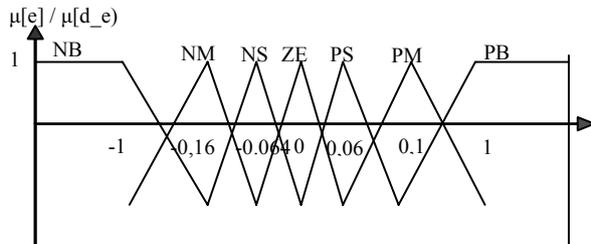
Penjelasan sistem pengendalian temperatur ini, seperti terlihat pada Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

1. Adanya sensor yang mempunyai kemampuan untuk mendeteksi temperatur yang akan menjadi masukan bagi simulasi sistem. Sensor yang digunakan yaitu thermopile.
2. Temperatur yang diinginkan (*setpoint*) dimasukkan pada program simulasi dengan menggunakan *keyboard* pada komputer (misalnya 43°C), diharapkan keluaran sistem (y) dapat sama dengan nilai *setpoint* tersebut melalui antar muka menggunakan USB 1208LS.
3. Proses pengendalian dilakukan sesuai dengan nilai waktu yang diberikan pada program simulasi.
4. Keluaran dari komputer adalah sinyal kendali u, yang digunakan

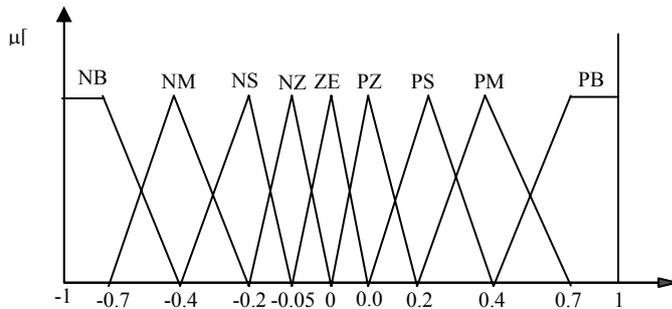
Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dekomposisi variabel model menjadi himpunan *Fuzzy*.

Sistem inferensi *Fuzzy* yang digunakan untuk mengendalikan temperatur ini juga menggunakan variabel-variabel linguistik dari variabel masukan, dimana variabel *error*(e) dan *delta error*(d_e) dibentuk himpunan-himpunan *Fuzzy* NB (*Negatif Big*), NM (*Negatif Medium*), NS (*Negatif Small*), ZE (*Zero*), PS (*Positif Small*), PM (*Positif Medium*), PB (*Positif Big*). Untuk keluarannya yaitu variabel delta temperatur(u) dibentuk himpunan-himpunan *Fuzzy* NB (*Negatif Big*), NM (*Negatif Medium*), NS (*Negatif Small*), NZ(*Negatif Zero*), ZE (*Zero*), PZ (*Positif Zero*), PS (*Positif Small*), PM (*Positif Medium*) dan PB (*Positif Big*). Gambar dari fungsi keanggotaan *error*(e) dan *delta_error*(d_e) ternormalisasi adalah seperti pada Gambar 4.1 berikut:



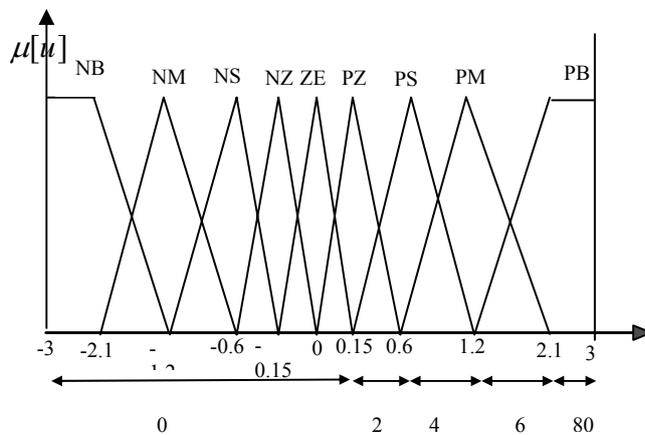
Gambar 4.1 Fungsi keanggotaan *error* dan *D_error* ternormalisasi



Gambar 4.2 Fungsi keanggotaan Delta_temperatur(u) ternormalisasi

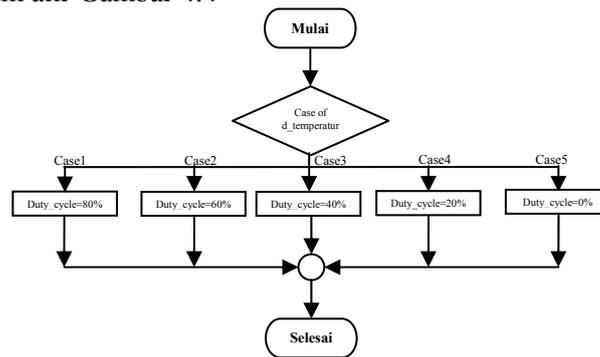
Pembahasan aplikasi pengendalian dengan logika fuzi

Sinyal kendali yang diubah menjadi bentuk pulsa tersebut kemudian dikeluarkan melalui *USB 1208LS* komputer. Pulsa tersebut diperoleh dengan menentukan nilai perioda *T* dan nilai *duty_cyclenya*. Nilai *duty_cycle* diperoleh dengan memberi batasan-batasan pada nilai hasil defuzifikasi pada fungsi keanggotaan keluaran, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Fungsi keanggotaan Delta_suhu (u) dengan nilai *duty_cycle*

Algoritma dari program pengendalian daya magnetron dengan kendali logika *fuzzy* ditunjukkan pada diagram alir Gambar 4.4



Gambar 4.4 Diagram alir pengendali daya magnetron.

Pada penggunaan pulsa tersebut, waktu hidup (T_s) akan menyalakan magnetron sedangkan waktu mati akan mematikan magnetron. Lama waktu hidup dan waktu mati harus berada dalam rentang periode T yang digunakan. Pada prosesnya jika temperatur yang dibaca oleh logika *fuzzy* berada di bawah *setpoint* maka magnetron ini berfungsi menaikkan temperatur agar nilainya mendekati *set Point*. Semakin nilai temperatur yang terbaca mendekati *setpoint* maka waktu hidup akan semakin berkurang. Jika nilai temperatur lebih besar dari nilai *setpoint* maka magnetron akan mati selama periode T , hal ini dilakukan dengan memberi nilai prosentase *duty cycle* 0%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kenaikan suhu akan diikuti dengan kenaikan tegangan keluaran pada penguat sensor thermophile serta kenaikan data bit.
2. Pengaturan *variable resistor* pada penguat akhir sensor thermopile akan mempengaruhi rentang tegangan yang diinginkan (tegangan 0 – 5 V pada rentang 25 °C sampai 45 °C).
3. Kompensasi dilakukan dengan mengatur deviasi perubahan tegangan keluaran ICL 7652 dengan IC TL074(2) harus sama sejalan dengan mempertahankan suhu konstan (40 °C) selama 1 menit.
4. Nilai a dan b sebagai faktor penaksir (*least square*) sangat dominan dalam menentukan nilai suhu tertampil.
5. Semakin kecil persen *overshoot* (nilai *overshoot* = 0) sistem akan menjadi stabil tanpa diikuti adanya osilasi.

Saran

Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan hasil penelitian .

1. Pemilihan bentuk fungsi keanggotaan yang lain dan penentuan jumlah himpunan fuzi dan batas-batas bagi setiap variabel yang digunakan dalam sistem pengendali ini.
2. Penyusunan aturan yaitu dalam menentukan hubungan sebab akibat tiap aturan dan menentukan jumlah aturan untuk mengoptimalkan pengendali

Daftar Pustaka

Adhy Hidayanto, Rhodian, 2006, ” *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pengendalian Temperatur Berbasis PC pada Sistem Hipertermia Medis*”, Skripsi S-1, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Budiharto, Widodo, 2004, ” *Interfacing Komputer dan Mikrokontroler* ”, Jakarta: Elex Media Komputindo.

Carter, R. G., 1990, *Electromagnetic waves: microwave components and devices*, Penerbit: Chapman and Hall, London, UK.

-
- Herlina , Theresia, 2004, *Penerapan logika Fuzzy untuk pengendalian temperatur pada Rice Cooker*, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Kusumadewi, S., dkk. 2006, *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*, Penerbit: GRAHA ILMU, Yogyakarta.
- Kusumadewi, Sri, 2002, *Analisis dan desain sistem fuzzy menggunakan Toolbox Matlab*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pamungkas, 2000, *Tip & Trik Microsoft Visual Basic 6.0*, Penerbit: PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Prasetya, R. dan Catur W. E., 2004, *Teori dan Praktek Interfacing Port Paralel dan Port Serial Komputer dengan Visual Basic 6.0*, Penerbit: ANDI, Yogyakarta .
- Sri Widodo, Thomas, 2005, *Sistem neuro fuzzy : Untuk pengolahan informasi, pemodelan dan kendali*, Yogyakarta: Graha ilmu.
- Wijarnarko, Rudi B,1990, ” *Pengaturan Suhu Sistem Tersimulasi Hipertermia dalam Fisiologi Anti kanker*” , Fakultas teknik Jurusan Teknik Elektro UGM, Yogyakarta.
- Wildi, T., 2002, *Electrical Machines, Drives, and Power System*, Penerbit: Prentice Hall, New York.
- Yan, J., Michael R. dan James P., 1994, *Using Fuzzy Logic Towards Intelligent System*, Penerbit: PRENTICE HALL, New York.