

SISTEM PENSTABIL TEMPERATUR SEMEN BEKU SAPI MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Handinata Laras R, Eka Mandayatma, Hari Kurnia Saftri

ABSTRAK - Teknologi Inseminasi Buatan dilakukan dengan maksud agar diperoleh efisiensi dan efektifitas dalam penggunaan pejantan terpilih. Berdasarkan proses pemeriksaan, sel semen sapi yang sebelumnya disimpan pada suhu -180°C harus dipanaskan saat diperiksa menggunakan mikroskop. Pemeriksaan motilitas (keaktifan) sel semen sapi dengan suhu 37°-38C pada meja penghangat yang dilakukan dibawah mikroskop bertujuan untuk mengetahui sel semen sapi tersebut masih bermutu dengan baik atau tidak. Untuk itu diperlukan alat pemanas. Alat pemanas yang ada saat ini masih terbatas berbentuk besar dan harus diimpor. Karena keterbatasan tersebut, maka dibuatlah alat pemanas semen beku sapi menggunakan kontrol logika fuzzy yang memakai sensor PT100 dan mikrokontroler ATmega16, yang lebih portable dan mudah diperoleh dilingkungan lokal. Prinsip kerja alat ini mempertahankan suhu plat warmer sesuai setpoint suhu yang ditentukan. Apabila setpoint yang dimasukan 37°C maka sistem akan menaikkan suhu plat pemanas mulai dari suhu awal atau suhu ruangan sampai mencapai setpoint yang ditentukan. Jika setpoint yang diinginkan sudah tercapai maka suhu akan distabilkan dengan metode logika fuzzy hingga proses pengamatan selesai. Set suhu dan suhu riil ditampilkan pada monitor LCD. Pada sistem keseluruhan dengan kontrol logika fuzzy didapatkan hasil waktu tunda (*delay time*) adalah 96 detik, waktu naik (*rise time*) adalah 192 detik, waktu puncak (*peak time*) adalah 288 detik dengan suhu 38,4°C, dengan overshoot 3,78%. Maka didapat *Error Steady State* yang tergolong kecil yaitu 0,81% sehingga hasil suhunya dapat terjaga dengan baik.

Handinata Laras Raharjo adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: handinata_kc@yahoo.com

Eka Mandayatma adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

Hari Kurnia adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

Kata Kunci– sel semen sapi, plat pemanas, logika fuzzy

I. PENDAHULUAN

Teknik peningkatan mutu genetik ternak salah satunya dapat ditempuh dengan Inseminasi Buatan (IB). IB merupakan proses perkawinan yang dilakukan dengan campur tangan manusia, yaitu mempertemukan sperma dengan sel telur agar dapat terjadi proses pembuahan (fertilisasi). (Anissa Puspitawangi: 2013).

Teknologi IB dilakukan dengan maksud agar diperoleh efisiensi dan efektifitas dalam penggunaan pejantan terpilih, menghindari terjadinya penyakit melalui sarana reproduksi, atau untuk mengatasi bila terjadi kendala dalam proses perkawinan alami antara jantan dan betina. Di Indonesia IB yang digunakan ialah dalam bentuk semen beku dalam *straw* sejak tahun 1974. (Ida Arlita Wulandari: 2014)

Berdasarkan survei yang telah dilakukan, operator BBIB (Balai Besar Inseminasi Buatan) melakukan pemeriksaan pada semen beku sapi yang dikemas dalam bentuk *straw* dengan cara dicairkan. Setelah proses pencairan (*Post Thawing*), operator BBIB melakukan pemeriksaan motilitas (keaktifan) sel semen sapi dengan suhu 37°C pada meja penghangat yang dilakukan dibawah mikroskop dimana proses tersebut bertujuan untuk mengetahui sel semen sapi tersebut masih bermutu dengan baik atau tidak.

Atas dasar pertimbangan dan alasan tersebut, penulis membuat suatu alat pemanas untuk semen beku sapi dengan suhu 37°C-38 °C yang akan digunakan operator untuk pemanas guna membantu proses pemeriksaan sel semen beku.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Sel Semen Hewan Pada BBIB

IB adalah pemasukan atau penyimpanan semen ke dalam saluran kelamin hewan betina dengan menggunakan alat-alat buatan oleh manusia. Semen terdiri dari spermatozoa atau sel-sel yang berada dalam suatu cairan yang disebut plasma semen. (BSN : 2008)

Pencairan kembali semen beku dapat dilakukan dengan berbagai cara. Apapun cara thawing yang dilakukan, harus berpegangan pada

prinsip bahwa kurva peningkatan suhu semen harus menaik secara konstan sampai waktu yang di butuhkan. Thawing dilakukan dengan mengambil semen beku yang berbentuk straw dari container yang berisi nitrogen cair, langsung dicelupkan dalam air hangat dengan suhu 40 °C selama 35 –40 detik. Straw dikeluarkan dari dalam bejana, dikeringkan dan digenggam selama 35-40 detik. Kemudian pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan meja penghangat di bawah Mikroskop dengan suhu 37°C-38 °C.

2.2 Plat Warmer

Plat warmer adalah sebuah objek yang memancarkan panas atau menyebabkan suatu media untuk mencapai suhu yang lebih tinggi.

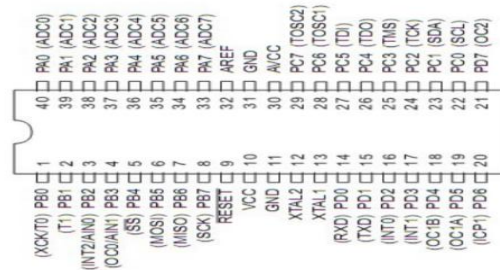
Panas yang dihasilkan oleh plat warmer berasal dari kawat yang bertahanan (resistance wire) yang umumnya menggunakan nikelin sebagai bahan karena mudah di temukan di pasaran. Nikelin tersebut dialiri arus listrik pada kedua ujungnya, dan dilapisi oleh isolator agar aman saat digunakan.

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu perangkat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. mikrokontroler adalah versi mini atau mikro dari sebuah komputer karena mikrokontroler sudah mengandung beberapa periferal yang langsung bisa dimanfaatkan, misalnya port paralel, port serial, komparator, konversi digital ke analog (DAC), konversi analog ke digital dan sebagainya hanya menggunakan sistem minimum yang tidak rumit atau kompleks.

2.3.1 Mikrokontroler ATmega16

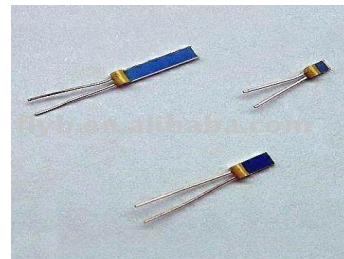
ATmega 16 adalah salah satu jenis mikrokontroler CMOS 8-bit buatan ATMEL keluarga AVR. IC ATmega 16 mempunyai empat buah port. Port A sebagai input pengonversi dari sinyal analog menjadi sinyal digital. Port B dapat difungsikan sebagai port download dan upload program. Port C sebagai port I/O biasa. Dan port D dapat digunakan sebagai port komunikasi serial. (Atmel:2006).



Gambar 2.1 Konfigurasi Pin ATMEGA16

2.4 Sensor Suhu RTD

Resistance Thermal Detector (RTD) atau dikenal dengan Detektor Temperatur Tahanan adalah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dengan menghubungkan resistensi dari elemen RTD dengan suhu. (Benny:2013)



Gambar 2.2 Bentuk fisik sensor suhu PT100

2.5 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama, yaitu nantinya adalah sebagai penampil setpoint yang di masukan dan penampil suhu riilnya.



Gambar 2.4 Display Line LCD 2x16

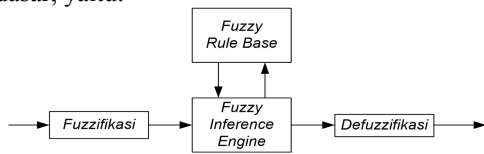
2.6 Fuzzy Logic

Konsep teori fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada tahun 1965, dalam makalah seminarnya yang berjudul “Fuzzy

Set⁷. Pada makalah tersebut, ketidakpastian yang didefinisikan oleh sebuah himpunan yang mempunyai peranan penting dalam pemikiran manusia, khususnya dalam lingkup pengenalan pola, informasi komunikasi, dan lain-lain. *Fuzzy* secara makna mengandung arti tidak jelas, samar atau kabur. (Kusumadewi dan Hartati, 2006).

2.7.1 Struktur Dasar Logika *Fuzzy*

Struktur dasar sistem *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 2.6. Sistem *fuzzy* berisikan 4 bagian dasar, yaitu:



Gambar 2.5 Struktur Dasar Sistem *Fuzzy**)
*) Sumber : Hossain, 2012

1. *Fuzzifikasi*

Fuzzifikasi adalah proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel *fuzzy*, ini ditujukan agar masukan kontroler *fuzzy* bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan *fuzzy*.

2. *Fuzzy Rule Base*

Merupakan kaidah dasar yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang menunjukkan kepakaran terhadap plant. Banyak cara menunjukkan suatu kepakaran ke dalam aturan, format yang paling umum adalah Format Aturan *IF-THEN*, Format Hubungan, dan Format Tabular.

3. Interferensi *Fuzzy Logic*

Inferensi *fuzzy* adalah sebuah proses formulasi pemetaan masukan terhadap keluaran dengan menggunakan logika *fuzzy*. Proses dari inferensi *fuzzy* melibatkan fungsi keanggotaan operator logika *fuzzy*, dan aturan *IF-THEN*.

4. *Defuzzifikasi*

Defuzzifikasi merupakan cara untuk mendapatkan nilai tegas dari nilai *fuzzy* secara representatif. Secara mendasar *defuzzifikasi* adalah pemetaan dari ruang aksi kendali *fuzzy* yang didefinisikan dalam semesta pembicaraan keluaran ke dalam ruang aksi kendali nyata (non *fuzzy*). Proses ini berfungsi untuk menentukan suatu nilai *crisp output*.

Metode dalam melakukan *defuzzifikasi* yang paling umum digunakan antara lain :

- a. Metode Titik Tengah (*Center Of Area*)
Metode ini juga disebut pusat area. Metode ini lazim dipakai dalam proses *defuzzifikasi*
- b. Metode *Mean of Maximum* (MOM)
Pada metode mean of maximum solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum
- c. Metode *Largest of Maximum* (LOM).
Pada metode largest of maximum solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.7.2 Keanggotaan *Fuzzy*

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

a. Representasi Linear

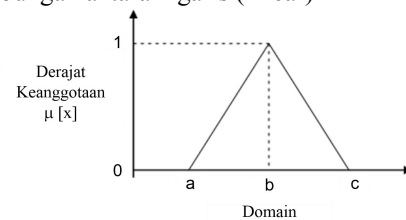
Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \dots(1)$$

Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear)

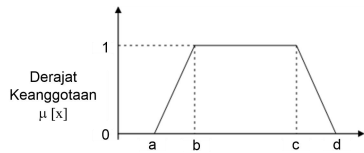


Gambar 2.6 Representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq c \text{ atau } x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & a < x < b \\ (c-x)/(c-b) & b < x < c \end{cases} \dots(2)$$

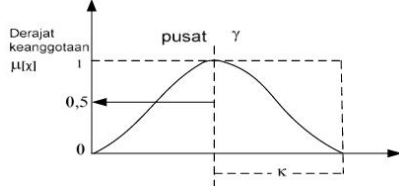
c. Representasi Kurva Trapesium
 Kurva trapezium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium
 Fungsi keanggotaan representasi kurva trapezium

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq d \text{ atau } x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a < x < b \\ (d-x)/(d-c); & c < x < d \\ 1; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots(3)$$

d. Representasi Kurva Fungsi Gauss
 (*Gaussian*)
 Bentuk himpunan *fuzzy* fungsi Gauss dapat dilihat pada Gambar 2.11.

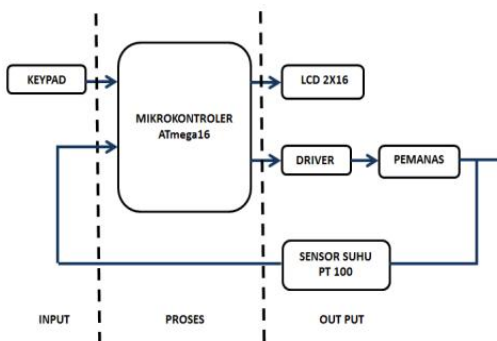


Gambar 2.8 Representasi Kurva Fungsi Gauss
 Fungsi keanggotaan representasi fungsi *Gaussian*:

$$\mu(Z) = e^{-\frac{1}{2}(\frac{Z-c}{\sigma})^2} \dots(4)$$

III. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan *Hardware*



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

3.1.1 Spesifikasi Alat :

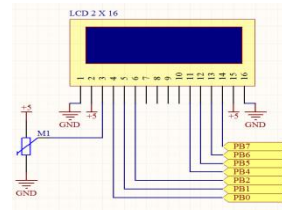
- a. Dimensi *Box* Elektrik
 Panjang = 13 cm
 Lebar = 13 cm
 Tinggi = 7 cm
- b. Dimensi Plat *Warmer*
 Panjang = 13 cm
 Lebar = 12 cm
- c. Sistem
 Kontroler = mikrokontroler ATmega 16
 Display = LCD 16x2
 Range Suhu = 29°- 40°C

3.1.2 Prinsip kerja Alat :

Prinsip kerja dari alat ini berdasarkan diagram blok sistem di atas adalah pertama operator menekan saklar guna menghidupkan pemanas, kemudian operator menginput data yang diinginkan pada keypad dan ATmega16 mengolah data untuk menampilkan data inputnya pada LCD 2x16, kemudian pemanas mulai bekerja hingga suhu yang telah diinput operator. Suhu riil juga ditampilkan pada LCD 2x16, agar operator dapat memantau suhu yang telah tercapai. Setelah suhu riil sesuai dengan set point, maka kita dapat meletakkan preparat untuk mengamati motilitas sel semen sapi.

3.2 Perencanaan dan Pembuatan Elektronik

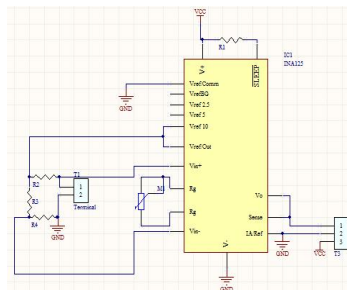
1. Perancangan Rangkaian Display LCD 16X2



Gambar 3.2 Rangkaian Display 16X2

Pada alat ini dilengkapi juga dengan LCD. LCD adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan Kristal cair sebagai penampil utama. LCD pada alat ini digunakan sebagai penampil data real time yang diambil dalam bentuk data ASCII.

2. Perencanaan dan Pembuatan Rangkaian Sensor Suhu PT100



Gambar 3.3 Rangkaian Penguat Sensor Suhu

Gambar 3.3 menunjukkan skematik rangkaian PT100. Sensor PT100 memiliki 2 kaki pin yang diintegrasikan ke rangkaian jembatan wheatstone. Kaki pin sensor PT100 diwakili oleh terminal 1 (T1) yang terhubung pada R2 dan R4 untuk membentuk suatu jembatan wheatstone. Agar mampu menghasilkan output berupa tegangan, sensor suhu PT100 dipasang pada rangkaian jembatan wheatstone.

$$R_4 = \frac{R_2}{R_1} \times R_3 \dots\dots\dots(5)$$

$$R_4 = \frac{100\Omega}{100\Omega} \times 100\Omega$$

$$R_4 = 100\Omega$$

Dimana :

- R₁ = nilai variabel resistansi PT100
- R₂ = nilai R₂ diketahui sebesar 100Ω
- R₃ = nilai R₃ diketahui sebesar 100Ω
- R₄ = nilai R penyeimbang

sehingga untuk dapat memenuhi kebutuhan kontroler, hasil tegangan ini harus diberi penguatan. Pada sistem alat yang dibuat yaitu plat pemanas, membutuhkan range suhu antara 29 °C hingga 40 °C. Dari kedua keadaan batas tersebut didapatkan range resistansi PT100 adalah 111,16ohm pada saat suhu 29 °C hingga 115,4 ohm pada saat suhu 40 °C dengan menggunakan perhitungan persamaan sebagai berikut:

- Pada Suhu 29 °C

$$R_{pt} = 100 + (0,385 * \text{suhu}) \dots\dots\dots(6)$$

$$= 100 + (0,385 * 29)$$

$$= 100 + (11,16)$$

$$= 111,16\Omega$$

- Pada Suhu 40 °C

$$R_{pt} = 100 + (0,385 * \text{suhu}) \dots\dots\dots(7)$$

$$= 100 + (0,385 * 40)$$

$$= 100 + (15,4)$$

$$= 115,4\Omega$$

Berdasarkan range tersebut dapat melakukan perhitungan pembagian tegangan pada jembatan wheatstone dengan didapatkan hasil nilai Vb selalu tetap yaitu 0.85 V dan

nilai maksimal V yaitu 0.91 V. Selanjutnya agar rangkaian INA125 dapat bekerja dan menghasilkan penguatan yang sesuai dengan kebutuhan kontroler, yang dimana mikrokontroler dapat membaca perubahan tegangan dari 4mv – 5v. Untuk mendesain nilai penguatan (gain) INA125 supaya terbaca oleh kontroler, maka diperlukan menghitung nilai penguatan (gain) yang dibutuhkan oleh kontroler, dengan perencanaan vout yang terbaca oleh kontroler adalah sebesar 2V – 4V dan dibagi dengan tegangan keluaran dari jembatan wheatstone. Oleh karena itu pada INA 125 memiliki port RG yang digunakan sebagai nilai resistansi penguatan dengan perhitungan memakai rumus persamaan sebagai berikut :

$$y = m \cdot x + c \dots\dots\dots(8)$$

$$4 = m \cdot 0,06 + c$$

$$2 = m \cdot 0,04 + c$$

$$2 = m \cdot 0,02 + c$$

$$m = \frac{2}{0,02}$$

$$m = 100$$

Dari hasil persamaan di atas dapat diketahui penguatan yang di butuhkan INA125P sebesar 100 kali mengacu pada hasil perhitungan persamaan garis lurus. Oleh karena itu pada INA 125 di butuhkan mendesain nilai resistansi pada port Rg dengan memakai rumus persamaan sebagai berikut :

$$\text{Gain} = 4 + \frac{60K\Omega}{R_G} \dots\dots\dots(9)$$

Maka :

$$100 = 4 + \frac{60K\Omega}{R_g}$$

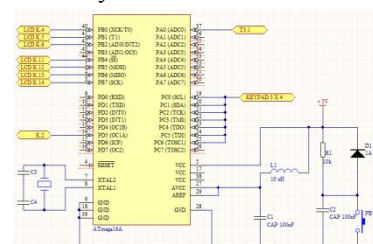
$$R_g = 600\Omega$$

Dimana :

- Gain = nilai penguatan
- R_G = nilai Resistansi penguatan

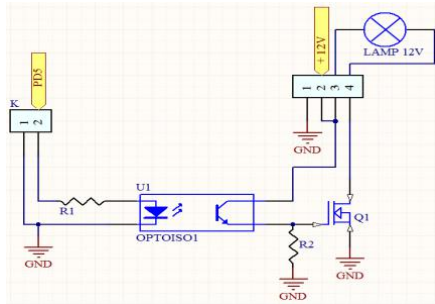
PT100 mampu mengukur suhu antara - 200°C sampai dengan 400°C. Sistem pengontrol suhu yang di buat untuk digunakan pada penelitian ini antara 29°C hingga 40°C, sehingga PT100 masih sesuai digunakan untuk mengontrol suhu pada pemanas.

3. Perencanaan dan Pembuatan Rangkaian Minimum System



Gambar 3.4 Rangkaian minimum sistem

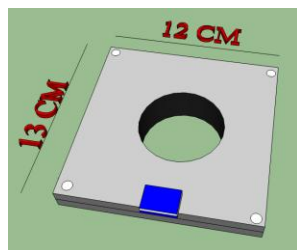
4. Perencanaan dan Pembuatan Rangkaian *Driver* Pemanas



Gambar 3.5 Rangkaian *Driver* Pemanas

Rangkaian *Driver* ini memiliki 1 buah Optocoupler bertipe 4n25 dan 1 buah MOSFET bertipe IRF3205 yang memiliki peran yakni, Optocoupler sebagai penyambung arus listrik DC yang terhubung dengan MOSFET IRF3205 dan perangkat output. Saat ATmega16 aktif, maka arus listrik akan mengalir pada LED optocoupler. Dengan begitu optocoupler berfungsi sebagai pengaman sistem kontrol dan pemicuan terhadap MOSFET IRF3205. Maksud pengaman disini yaitu bertujuan untuk memisahkan antara kontrol dari mikrokontroler dengan *driver* sehingga jika terjadi *over heat*, *over current* ataupun *short circuit* sistem kontrolnya (Mikrokontroler) tidak mengalami kerusakan.

5. Perencanaan dan Pembuatan Plat Warmer atau Pemanas



Gambar 3.6 Desain Plat *Warmer*

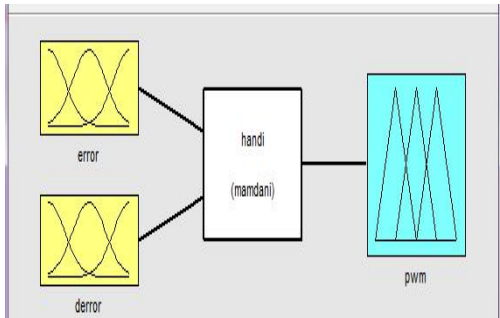
Dimensi plat berukuran 12cm x 13cm, dengan diameter lubang tengah sebesar 3,2cm. Terbuat dari Alumunium untuk bagian pelindung luarnya, sedangkan bagian dalam terdapat 2 mika isolator dengan ukuran yang sama dan 1 mika isolator berbentuk bulat yang memiliki diameter lubang tengah sebesar 3,4cm diapit dikedua mika isolator lainnya.

3.3 Perancangan Logika Fuzzy

Fuzzyfikasi merupakan proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel fuzzy agar masukan kontroler fuzzy bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan fuzzy. Proses fuzzyfikasi ini memakai penyelesaian metode mamdani yang terdiri dari penentuan fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel masukan dan keluaran. Fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan yaitu triangular digunakan untuk pemanas semen sapi. Yang dapat di ketahui rumus persamaannya sebagai berikut :

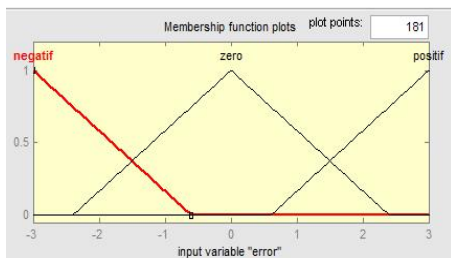
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq c \text{ atau } x \leq a \\ (x-a) / (b-a) & a < x < b \\ (c-x) / (c-b) & b < x < c \end{cases} \dots\dots(10)$$

Pada alat pemanas yang di buat dengan suhu 29°C - 40°C maka di tentukanlah range suhu yang terkontrol oleh metode fuzzy mamdani dengan range error -3 sampai 3 dan derror -2 sampai 2 karena suhu yang terkontrol termasuk rendah. Dari penentuan range tersebut dapat di masukkan pada aplikasi matlab guna mengetahui hasil dari keluaran untuk mengatur besaran pwm. Pada Gambar 3.6 merupakan editor fuzzy dengan menggunakan aplikasi matlab.

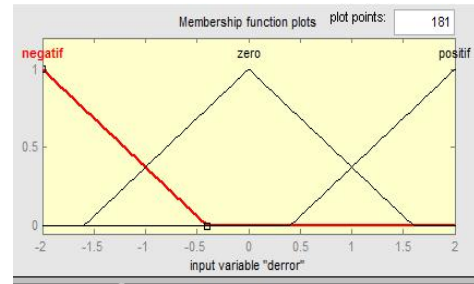


Gambar 3.7 Fuzzy Editor

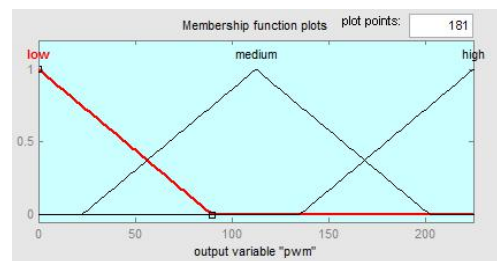
a. Fungsi keanggotaan masukan dan keanggotaan keluaran



Gambar 3.8 Fungsi keanggotaan Error



Gambar 3.9 Fungsi keanggotaan ΔError



Gambar 3.9 Fungsi keanggotaan output

b. Perancangan Rule Base

Fuzzy Rule Base berisi pernyataan-pernyataan logika fuzzy, Fuzzy Rule Base berbentuk pernyataan format tabular yang menyatakan pernyataan kondisi. Penyusunan Fuzzy Rule Base ini sangat berpengaruh pada tahap pengambilan keputusan yang dilakukan oleh plant. Berdasarkan pada basis aturan fuzzy pada proses perancangan judul ini aturan fuzzy dibuat dengan menggunakan metode Smallest of Maximum (SOM).

Tabel 3.1. Perancangan Rule Base

$E \setminus dE$	N	Z	P
N	L	L	M
Z	L	M	H
P	M	H	H

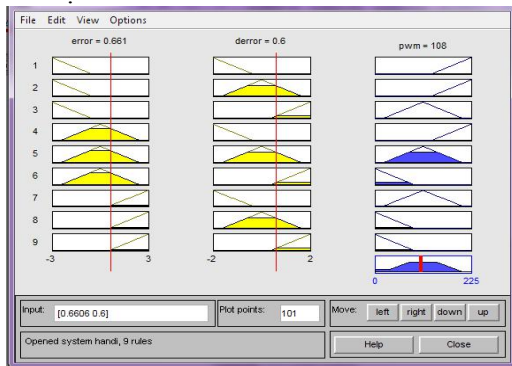
Keterangan :

E : Error , dE : delta Error, N : Negatif, L : Low, M : Medium, Z : Zero, P : Positif.

Dari Tabel 3.1 Aturan Fuzzy dapat dijabarkan seperti berikut :

1. Jika Error Negatif dan Δ Error Negatif, maka output Low
2. Jika Error Negatif dan Δ Error Zero, maka output Low
3. Jika Error Negatif dan Δ Error Positif, maka output Medium
4. Jika Error Zero dan Δ Error Negatif, maka output Low
5. Jika Error Zero dan Δ Error Zero, maka output Medium
6. Jika Error Zero dan Δ Error Positif, maka output High
7. Jika Error Positif dan Δ Error Negatif, maka output Medium
8. Jika Error Positif dan Δ Error Zero, maka output High
9. Jika Error Positif dan Δ Error Positif, maka output High

Setelah aturan *fuzzy* dibuat dan dimasukkan pada *rule editor*, maka keseluruhan *rule* yang telah dibentuk dapat ditunjukkan pada *rule viewer* seperti yang terlihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Rule Viewer

c. Inferensi *Fuzzy*

Setelah aturan *fuzzy* dibuat, selanjutnya dilakukan proses pengambilan keputusan yang berdasarkan pada aturan-aturan IF-THEN yang telah dibuat untuk menghubungkan antara masukan *fuzzy* dan keluaran *fuzzy*. Proses ini berfungsi untuk mencari nilai *fuzzy output* dari *fuzzy input*. Pada perancangan skripsi ini digunakan inferensi *fuzzy* dengan metode *fuzzy Mamdani*.

d. *Defuzzyfikasi*

Untuk memperoleh nilai *output fuzzy crisp*/ nilai tegas Z, dicari dengan cara mengubah *input* (berupa himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*) menjadi

suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Cara ini disebut dengan metode *defuzzyfikasi* (penegasan).

Metode *defuzzyfikasi* yang digunakan dalam metode *Mamdani* untuk penulisan skripsi ini adalah metode *defuzzyfikasi Smallest of Maximum*. Yaitu dengan solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

4.1 Pengujian Minimum Sistem dan LCD

Pengujian rangkaian minimum sistem ini dilakukan dengan cara melihat layout PCB dengan memastikan bahwa jalur telah terhubung. Pengujian dilakukan untuk mengetahui LCD 16X2 dapat menampilkan tulisan dari pemrograman mikrokontroler ATmega 16.



Gambar 4.1 Hasil Pengujian LCD

5.2 Pengujian Rangkaian Penguat Sensor PT100

Pengujian rangkaian penguat sensor suhu PT100 bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor suhu PT100 dalam membaca perubahan suhu yang terjadi di dalam pemanas.

Pada pengujian sensor PT100 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan dengan thermometer. Pengujian dilakukan berdasarkan kenaikan perubahan suhu

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu PT100

No	Suhu (°C)	Hasil Pengujian Vin (V)	Hasil Pengujian Output (V)	Hasil Perhitungan Output (V)	Error (%)
1.	29	0,0422	2,015	1,968	2
2.	30	0,0451	2,117	2,064	2,5
3.	31	0,0458	2,200	2,144	2,5
4.	32	0,0461	2,225	2,210	2

5.	33	0,0481	2,340	2,270	3
6.	34	0,0494	2,386	2,304	3,5
7.	35	0,0517	2,480	2,405	3
8.	36	0,0523	2,522	2,469	2
9.	37	0,0541	2,602	2,544	2
10.	38	0,0548	2,657	2,598	2
11.	39	0,0563	2,710	2,662	2
12.	40	0,0577	2,790	2,688	3,5
Jumlah					30
Rata –Rata Error					2,5%

Dari hasil pengujian pembacaan sensor suhu PT100 dengan menggunakan rangkaian penguatan dapat dilihat bahwa terdapat selisih antara hasil perhitungan dengan hasil pengujian blok sensor PT100 yang dilakukan, dengan rata-rata hasil *error* mencapai 2,5%.

4.3 Pengujian Rangkaian *Driver* Pemanas

Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa rangkaian *driver* dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan perencanaan

Gambar 4.2 Hasil Pengujian *Driver*

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Driver*

Pin PB5	Indikator Lampu 12V
Logika 1	Menyala
Logika 0	Mati

Berdasarkan Tabel 4.2 diketahui bahwa apabila rangkaian *driver* bekerja ditandai dengan indikator Lampu 12V dalam kondisi menyala, dan

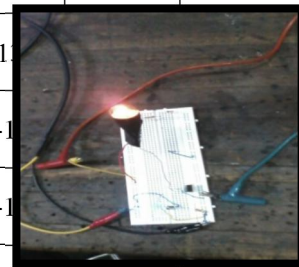
Apabila rangkaian *driver* tidak bekerja ditandai dengan indikator lampu dalam kondisi mati. Dan pengujian yang telah dilakukan diketahui bahwa rangkaian *driver* bisa bekerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan, hal ini juga dibuktikan pada saat di beri logika 1 (5V) adanya indikator lampu yang menyala dan pada saat di beri logika 0 indikator lampu mati.

4.4 Pengujian Keseluruhan Dengan Kontrol *Fuzzy Logic*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon suhu terhadap waktu dan nilai error suhu dari alat yang telah dibuat. Pengujian ini menggunakan bantuan thermometer untuk membandingkan nilai suhu antara yang dibaca oleh sensor suhu PT100 dan ditampilkan di LCD dengan pembacaan pada thermometer. Suhu yang diuji adalah suhu yang dibutuhkan untuk memanaskan semen sapi yakni 37°-38° C.

Tabel 4.3 Data Pembacaan Suhu 29°-37°C

No.	Waktu (Detik)	Suhu Tampilan LCD (°C)	Suhu Thermometer (°C)	Error (%)
1.	0-69	29	29,1	0,34
2.	70-97	30	30,2	0,66
3.	98-115	31	31,3	1,27
4.	132-149	32	32,4	0,31
5.	165-182	33	33,5	0,60
6.	198-204	34	34,1	0,29
7.	241-277	35	35,2	0,57
8.	278-320	36	36,1	0,28
9.	321-356	37	37,4	1,07
10.	357-383	36	36,1	0,28
11.	384-435	37	37,2	0,54



Jumlah Error	6,22
Rata-rata Error	0,52

Gambar 4.3 Grafik Respon Suhu 29°-37°C

Dari hasil table 4.3 dapat diketahui bahwa pada sistem keseluruhan dengan kontrol logika *fuzzy* didapatkan hasil waktu tunda (*delay time*) adalah 96 detik, waktu naik (*rise time*) adalah 192 detik, waktu puncak (*peak time*) adalah 288 detik dengan suhu 38,4°C, dengan *overshoot* 0,81%. Maka didapati nilai error yang tergolong kecil yaitu 0,52%.

V.PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian alat sistem penstabil temperatur semen beku sapi menggunakan logika *fuzzy* diperoleh kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sistem alat pemanas ini dapat dibuat dengan dimensi box 13x13x7 menggunakan bahan-bahan dan komponen yang dapat diperoleh di lingkungan lokal, dengan bentuk yang lebih *portable* dari alat yang telah ada sebelumnya.
2. Bahwasanya alat pemanas ini dapat menghasilkan suhu terkontrol antara 29° - 40° C dengan menggunakan ATmega16 sebagai pemroses dari input *setpoint* suhu yang dimasukkan untuk mengontrol *driver* pemanas dan PT100 sebagai sensor pendeteksi suhu riilnya.
3. Dengan menerapkan logika *fuzzy* pada sistem penstabil temperatur semen sapi didapatkan waktu tunda (*delay time*) td adalah 96 detik, waktu naik (*rise time*)tr adalah 192 detik, waktu puncak (*peak time*) tp adalah 288 detik dengan suhu 38.4°C. Didapati nilai maksimum *overshoot* yang tergolong kecil yaitu 3.78%. *Error Steady State* yang didapat adalah 0.81% dari hasil tersebut menggunakan kontroler *fuzzy logic*

tidak mengalami *error* yang terlalu besar sehingga suhu dapat terjaga dengan baik.

5.2 Saran

Kami menyadari bahwa dalam pembuatan alat ini terdapat banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan kemampuan yang dimiliki. Oleh karena itu beberapa bagian dari perangkat ini perlu dilakukan penyempurnaan untuk pengembangan selanjutnya, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Karena alat pemanas ini masih lama dalam mencapai stabil ketika *setpoint* dari suhu tinggi ke suhu rendah, maka sebaiknya ada sistem yang bisa menurunkan keadaan suhu dengan cepat dan menyetabilkan.
2. Untuk sistem kontroler dapat dikembangkan dengan kontroler lainnya yang lebih baik sehingga performansi kinerja alat dapat menjadi lebih baik lagi.
3. Plat *warmer* dapat di kemas lebih baik lagi sehingga bisa menghasilkan suhu yang lebih stabil dan akurat.
4. Untuk alat pemanas dapat dilengkapi dengan fungsi pendinginan, maka sebaiknya diberikan suatu alat untuk memberikan pendingin pada plat warmer ketika suhu keadaan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa Puspitawangi. 2013. "Pengaruh Suhu dan Lama Thawing Terhadap Kualitas Spermatozoa Sapi Fries Holland", Skripsi, Universitas Negeri Malang.
- Ida Arlita Wulandari, Surya Agus Prihatno. 2014. "Pengaruh Berbagai Temperatur Thawing Semen Beku Terhadap Keberhasilan Inseminasi Buatan Pada Sapi Potong", Universitas Gajah Mada.
- ATMEL corp. *Microcontroller with 16k bytes In-System Programmable Flash ATmega16.ATMEL*. 2010. www.atmel.com. diakses pada tanggal 25 Maret 2015
- BSN, 2008. "Semen Beku Sapi Bagian 1 ". http://www.bsn.go.id/semen_beku_sapi, (diakses pada: 15 November 2014).
- Benny. 2013. "Smart Pintar Dengan Pengontrol Suhu Dan Penghemat Energi", Politeknik Negeri Jakarta.
- Syafitri Nia, dkk. 2007. "Rancang Bangun Pengontrol Suhu Otomatis Pada Sistem Pemanas Day Old Chicken (DOC)

Berbasis Mikrokontroler Atmega8".
Universitas Tanjungpura.
Kusumadewi, Sri., Hartati, Sri., 2006, Neuro-Fuzzy, Graha Ilmu, Yogyakarta.

LAMPIRAN



Lampiran Gambar 1. Box Elektrik



Lampiran Gambar2. PlatWarmer



Lampiran Gambar3. Alat Pemanas Keseluruhan