

Sistem Kontrol Suhu Inkubator Telur Berbasis Mikrokontroler Menggunakan *Fuzzy Logic* dan *Pulse-Width Modulation*

Febi Yanto¹, Hallend Afroni²

^{1,2}Teknik Informatika UIN SUSKA Riau

¹febiyanto@uin-suska.ac.id, ²hallend.idol.030489@gmail.com

Abstrak –Inkubator merupakan alat untuk melakukan pemantuan pengeraman menggantikan fungsi dari induk ayam ataupun unggas lainnya. Untuk pengeraman induk ayam ataupun unggas lainnya membutuhkan suhu $\pm 36 - 40$ derajat *celcius*. Untuk menjaga suhu agar stabil antara 36 hingga 40 derajat *celcius* maka diperlukanlah sebuah kontrol yang mampu memenuhi kebutuhan inkubator tersebut. Dirancanglah sebuah alat kontrol suhu untuk inkubator telur sebagai pengganti induk ayam dengan berbasis mikrokontroler sebagai unit proses yang dibantu dengan *fuzzy logic* dan *Pulse-Width Modulation* (PWM), dengan menggandakan sensor SHT11 sebagai pembaca suhu serta kipas dan elemen pemanas sebagai alat untuk menaikkan serta menurunkan suhu. Untuk perancangan, *Fuzzy Logic* beserta PWM diletakkan pada mikrokontroler sehingga mampu mengendalikan kerja elemen pemanas maupun kipas pendingin. Hasil yang didapat setelah pengujian menggunakan simulasi *box* yang berukuran 30 x 16 x 24, mikrokontroler yang menggunakan *Fuzzy Logic* serta PWM mampu mempertahankan suhu stabil antara 36 hingga 40 derajat *celcius* setelah alat bekerja dalam beberapa waktu.

Kata kunci: Inkubator, Suhu, Mikrokontroler, *Fuzzy Logic*.

I. PENDAHULUAN

Inkubator adalah sebuah mesin yang dibuat untuk menggantikan tugas pengeraman oleh induk hewan yang mana alat ini mempunyai satu sistem pemantuan, kelembaban dan keadaan lain yang diperlukan bagi menetas telur hewan tersebut. Biasanya bagi telur unggas seperti spesies burung (ayam, itik dan sebagainya), suhu yang di gunakan adalah sekitar 36–40°C dalam waktu pengeraman yang berbeda bagi setiap spesies[4]. Selain suhu, kelembaban memiliki sedikit peran dalam hal penetasan telur. Tidak jarang kelembaban yang tidak terkontrol menyebabkan telur menetas tidak sempurna. Pada saat ini, inkubator digunakan secara meluas dalam industri peternakan skala kecil, sederhana atau besar.

Alat inkubator yang dibuat pada penelitian sebelumnya yakni oleh Maskuri, menggunakan lampu pijar sebagai alat untuk memanaskan ruangan inkubator, mikrokontroler AVR dan LM35 sebagai sensing suhu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Maskuri, penulis akan mencoba merancang alat inkubator, dimana menggunakan heater element sebagai sumber panas untuk menghangatkan ruang inkubator, sensor SHT11 sebagai monitoring suhu dan kelembaban. Penulis juga menambahkan metode *fuzzy* dalam penerapan alat inkubator telur ini agar pengontrolan suhu tetap stabil, dengan *fuzzy logic controller* sistem lebih mudah untuk disesuaikan dengan berbagai kondisi

agar menghasilkan sistem kendali yang handal.

Penggunaan sensor SHT11 sebagai inputan data, kemudian data diproses oleh mikrokontroler yang dibantu dengan logika fuzzy, yang selanjutnya di transmisikan ke heater dan pendingin diharapkan menjadi solusi yang tepat untuk mengoptimisasi alat inkubator telur.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas maka dapat diambil suatu rumusan bagaimana menerapkan logika fuzzy pada penghangat telur menggunakan sensor SHT11 sebagai pembacaan suhu dan kelembaban yang dibantu dengan mikrokontroler sebagai pengatur kerja penghangat lingkungan atau ruangan untuk meningkatkan efisiensi kerja alat tersebut.

Untuk membatasi permasalahan di atas, maka cakupan masalah akan dibatasi, yaitu

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega8.
2. Proses yang dapat dilakukan oleh sistem menjaga agar suhu di dalam inkubator tetap stabil antara 36 hingga 40 derajat celcius.
3. Menggunakan logika fuzzy sebagai pengontrolan suhu yang tepat.
4. Sensor yang digunakan adalah sensor SHT11.
5. Pengontrolan suhu hanya dilakukan pada incubator dengan ukuran panjang = 30 cm ; lebar = 16 cm ; tinggi = 24 cm.

II. MIKROKONTROLER

Mikrokontroler adalah sebuah sistem *microprosesor* dimana di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, *Clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik (Ardi Winoto, 2008).

Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat 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 merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

ATmega8 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit daya rendah berbasis arsitektur RISC. Instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATmega8535

mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz, hal ini membuat ATmega8535 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya rendah. Mikrokontroler ATmega8 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebuah solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan.

Fitur-fitur tersebut antara lain:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yang terdiri atas *Port A*, *B*, *C* dan *D*
2. ADC (*Analog to Digital Converter*)
3. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan
4. CPU yang terdiri atas 32 *register*
5. *Watchdog Timer* dengan *osilator internal*
6. SRAM sebesar 512 *byte*
7. Memori *Flash* sebesar 8kb dengan kemampuan *read while write*
8. Unit Interupsi *Internal* dan *External*
9. *Port* antarmuka SPI untuk *download* program ke *flash*
10. EEPROM sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi
11. Antarmuka komparator *analog*
12. *Port* USART untuk komunikasi serial.

III. LOGIKA FUZZY

Konsep *Fuzzy Logic* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh dari Universitas California di Berkeley pada 1965, yang

dipresentasikan bukan sebagai suatu metodologi kontrol, tetapi sebagai suatu cara pemrosesan data dengan mempernankan penggunaan partial set membership dibanding *crisp set* membership atau non-membership.

Kontroler logika *fuzzy* dikategorikan dalam kontrol cerdas (*intelligent control*). Unit logika *fuzzy* memiliki kemampuan menyelesaikan masalah perilaku sistem yang kompleks, yang tidak dimiliki oleh kontroler konvensional. Secara umum kontroler logika *fuzzy* memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Beroperasi tanpa campur tangan manusia secara langsung, tetapi memiliki efektifitas yang sama dengan kontroler manusia.
2. Mampu menangani sistem-sistem yang kompleks, non-linear dan tidak stationer.
3. Memenuhi spesifikasi operasional dan kriteria kinerja.
4. Strukturnya sederhana, kokoh dan beroperasi *real time*.

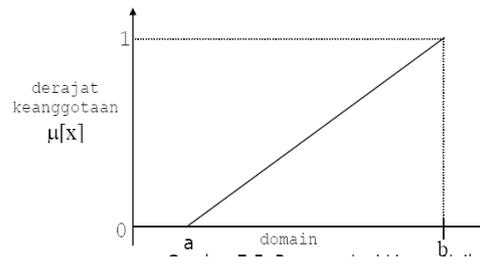
Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

- a. Variabel *fuzzy*
Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.
- b. Himpunan *fuzzy*
Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
- c. Semesta Pembicaraan
Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan.
- d. Domain
Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam

semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

- a) Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

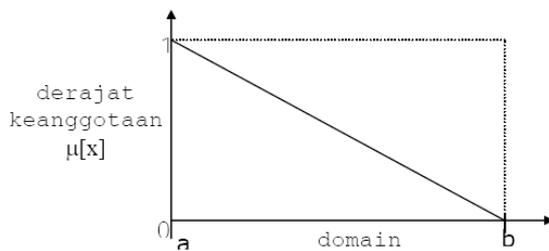


Gambar 2.15 Representasi Linear Naik.

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & : x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & : a \leq x \leq b \\ 1 & : x \geq b \end{cases}$$

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. 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.



Gambar 2.16 Representasi Linear Turun.

Fungsi Keanggotaan :

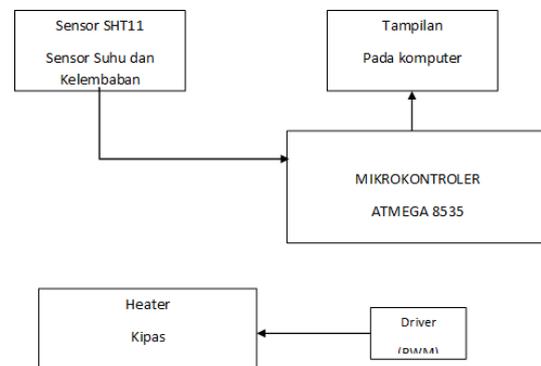
$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a} & ; \quad a \leq x \leq b \\ 0 & ; \quad x \geq b \end{cases}$$

IV. ANALISA DAN PERANCANGAN

Secara umum prinsip kerja dari sistem pengontrolan suhu inkubator telur adalah sebagai berikut :

1. Dibagian inputan terdapat sensor SHT11 yang berguna untuk mendeteksi suhu sebagai pembaca suhu lingkungan. Disamping membaca suhu yang ada di dalam penetas telur, sensor SHT11 juga membaca kelembaban yang ada dalam penetas telur tersebut. Suhu dan kelembaban yang dibaca ini kemudian akan di bandingkan dengan set point yang telah diberikan dalam mikrokontroler, dimana suhu dan kelembaban yang dibaca atau diterima akan dikirimkan langsung menuju mikrokontroler.
2. Setelah data diterima oleh mikrokontroler, data akan diproses sesuai set point yang telah di tetapkan, dimana bila suhu berada pada 0 – 36 derajat celcius maka heater akan bekerja hingga titik 36 – 40 derajat celcius, sebaliknya bila suhu 40 – 90 derajat celcius maka kipas pendingin berputar. Pengaturan kelembaban dalam inkubator ini sama seperti pengaturan suhu, bila kelembaban berada pada 0 – 65 % RH maka kipas akan berputar meniup sebuah wadah yang berisi air hingga menciptakan gelombang sehingga menimbulkan uap air, bila kelembaban telah mencapai 65

– 70 maka kipas akan berhenti. Sebaliknya, bila kelembaban mencapai 70 – 90 % RH maka heater akan hidup dikarenakan bila kelembaban tinggi secara otomatis suhu akan turun.



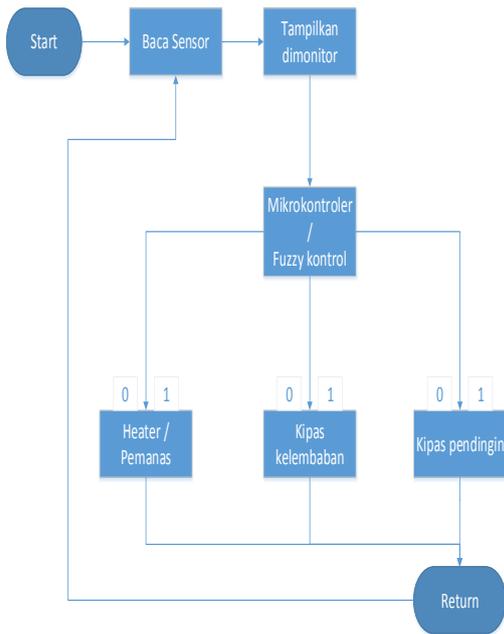
Gambar 4.1 Block Diagram Proses Masukan dan Proses Keluaran.

Blok diagram pada gambar 4.1 menggambarkan sistem dari inkubator secara umum, seluruh sistem pada alat dikendalikan oleh mikrokontroler. SHT11 digunakan untuk mendeteksi suhu serta kelembaban ruangan inkubator. Keluaran dari rangkaian sensor tersebut langsung diproses oleh mikrokontroler untuk mengendalikan pergerakan heater serta pendingin.

Saat sensor membaca suhu ruangan, selanjutnya sensor akan mengirimkan data ke mikrokontroler. Setelah data diterima mikrokontroler, maka akan dilakukan proses fuzzifikasi dan defuzzifikasi yang mana akan menghasilkan nilai 0 hingga 1. Selanjutnya setelah data diolah dan dibandingkan dengan set point, maka mikrokontroler akan mengirimkan perintah kepada kipas, heater serta kipas kelembaban. Saat alat output bekerja, sensor akan terus membaca data lingkungan yang akan di teruskan dibandingkan dengan set point dan dilanjutkan dengan perintah kepada output.



Gambar 4.5 Struktur Kontrol Logika Fuzzy.



Gambar 4.7 Flowchart Sistem.

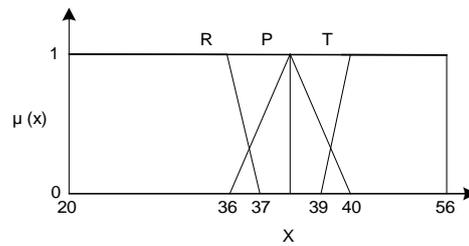
a. Pengaturan Heater

Pengaturan heater dimana kondisi rangesuhu adalah 0 hingga 90 derajat celcius. Nilai crisp "Rendah" untuk range antara 0 hingga 36, "Pas" bila suhu antara 36 hingga 40 serta "Tinggi" pada suhu 40 hingga 90. Untuk kategori "Rendah" maka heaterakan diberi nilai 1, sementara itu jika kategori "Pas" dan "Tinggi" diberi nilai 0.

b. Pengaturan Kipas

Pada pengaturan kipas saat kondisi suhu "Rendah", kipas akan berputar. Perputaran kipas dipengaruhi oleh Pulse Width Modulation berdasarkan fungsi keanggotaan, dimana bila suhu semakin jauh dibawah kategori "Pas" maka kipas akan semakin kencang meniupkan panas dari sumber panas (Heater), agar panas cepat merata.

Untuk perhitungan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Kurva Suhu .

Contoh fungsi keanggotaan:

Fungsi keanggotaan untuk suhu "Rendah" pada variable suhu.

$$\mu[x]=\begin{cases} 1; & x \leq b \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Bila suhu berada di bawah 36 derajat celcius, maka kipas akan berputar di beri nilai 1.

$$\mu_{Rendah}[\leq 36] = 1$$

Sedangkan untuk yang berada antara "Pas" dan "Rendah" yaitu antara 36 hingga 37 maka untuk mengukur derajat keanggotaan nya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu_{Rendah}[36,6] &= (37-36,6)/(37-36) \\ &= 0,4/1 \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

Jadi, untuk suhu 36.6 derajat celcius memiliki derajat keanggotaan 0,44, sehingga perputaran kipas menjadi 0,4 x 100% dari jumlah voltase penuh.

Bila suhu berada di atas 37 derajat Celsius maka bernilai 0.

$$\mu_{Rendah}[\geq 37] = 0$$

Tidak berbeda jauh dengan pengaturan kipas pada suhu "Rendah", pada suhu "Tinggi" juga sama, hanya saja pada kondisi suhu "Rendah" representasi linearnya adalah menurun, sedangkan kan pada suhu "Tinggi" menggunakan representasi linear menaik.

Fungsi keanggotaan suhu "Tinggi"

Contoh fungsi keanggotaannya:

$$\mu[x]=\begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & : a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Bila suhu dibawah 39 derajat celcius, maka kipas akan diberi nilai 0.

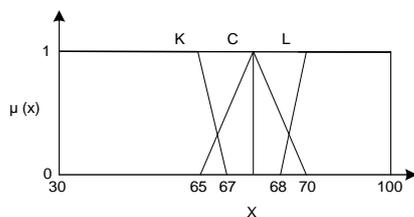
Untuk suhu berada antara 39 – 40, maka:

$$\begin{aligned} \mu_{Tinggi}[39,7] &= (39,7-39)/(40-39) \\ &= 35/90 \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

Sehingga, untuk keanggotaan pada suhu 39,7 derajat celcius adalah 0,7, dengan demikian untuk perputaran kipas menjadi 0,7 x 100% dari voltase penuh yang diberikan. Setelah suhu berada di atas 40 maka kipas akan bernilai 1 atau dalam PWM menjadi 100% dari voltase 12V. Suhu berada diatas 40 derajat Celsius, kipas akan bernilai 1.

c. Pengaturan kipas kelembaban

Pada kelembaban terdapat 3 ketegori yaitu “Kurang” berada antara 0 hingga 65 %RH, “Cukup” berada pada 60 hingga 75 %RH, serta “Berlebih” diatas 70 hingga 100%RH. Penentuan keanggotaan perputaran kipas kelembaban hanya menggunakan representasi linear menurun, karena kipas kelembaban akan berputar bila kondisi kelembaban berada di bawah kategori “Cukup”..



Gambar 4.9 Kurva Kelembaban Kurang

Fungsi keanggotaan untuk kelembaban “Kurang” pada variable kelembaban.

$$\mu[x]=\begin{cases} 1; & x \leq b \\ \frac{b-x}{b-a} & : a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Bila kelembaban dibawah 65 derajat Celsius, maka nilai untuk kipas kelembaban adalah 1.

Untuk kondisi kelembaban berada pada 65-67 %RH maka:

$$\begin{aligned} \mu_{Kurang}[66] &= (67-66)/(67-65) \\ &= 1/2 \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

Jadi, untuk kelembaban “Kurang” pada pembacaan 63 %RH maka derajat keanggotaan nya adalah 0.4 sehingga nilai derajat keanggotaan ini akan di kali kan dengan 100% voltasi yang diberikan sebagai bentuk pengaturan PWM nya. Kelembaban dengan kondisi diatas 67 %RH maka nilai dari kipas kelembaban adalah 0.

V. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

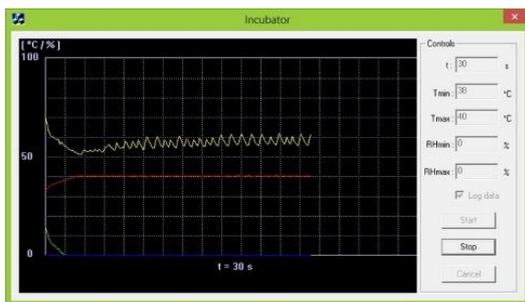
Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian fungsionalitas sistem secara langsung. Ada 3 tahap pengujian fungsi kerja alat kontrol suhu ini, antara lain pengujian fungsi kontrol suhu, pengujian fungsi kontrol kelembaban dan pengujian kontrol suhu dan kelembaban secara bersamaan.

Untuk pengujian fungsi kontrol suhu kondisinya adalah dimana alat kontrol yang diaktifkan hanya kontrol suhu saja, sehingga dalam pengontrolan ini tidak memperhitungkan kelembaban. Pengujian ini dilakukan selama 1,5 jam, berikut hasil pengujian fungsi kontrol suhu :

Tabel 5.1 Hasil Uji Fungsi Suhu

No.	Durasi (Minute)	Hasil Pengukuran (°C)
1.	0	32.7
2.	5	36.8
3.	10	39.1
4.	15	40
5.	20	40.2
6.	25	40
7.	30	40.2
8.	35	40.
9.	40	39.8
10.	45	40.2
11.	50	39.9
12.	55	40.2
13.	60	40.2
14.	65	39.6
15.	70	40.2
16.	75	39.7
17.	80	40.3
18.	85	40
19.	90	40

Dari hasil yang didapat, terlihat *fuzzy* kontrol berfungsi dan membutuhkan waktu kurang lebih 20 menit untuk menstabilkan suhu sesuai dengan *set point*. Pembacaan suhu *looping* dilakukan setiap 30 detik. Berikut hasil pengontrolan dalam bentuk kurva:



Gambar 5.1 Kurva Hasil Uji Fungsi Suhu.

Sebaliknya, untuk pengujian fungsi kontrol kelembaban, untuk itu fungsi dari kontrol suhu kita abaikan, sehingga alat kontrol hanya terfokus kepada pembacaan dan perhitungan kelembaban. Pengujian dilakukan selama 1 jam dengan durasi pembacaan , maka didapat hasil sebagai berikut.

No.	Durasi (Minute)	Hasil pengukuran (RH%)
1.	0	79.8
2.	5	67
3.	10	68.2
4.	15	67.3
5.	20	67.9
6.	25	68.9
7.	30	69.2
8.	35	69.1
9.	40	69.7
10.	45	70.1
11.	50	68.6
12.	55	68.7
13.	60	68.6

Table 5.2 Hasil Uji Fungsi Kelembaban

Dari hasil uji yang dilakukan didapatkan hasil yaitu dibutuhkan waktu kurang lebih 10 menit untuk mencapai kelembaban yang diinginkan atau sesuai set point, selama 1 jam pengujian, kelembaban tetap stabil sesuai *range* yang diberikan. Berikut bentuk kurva hasil pengujian pengontrolan kelembaban:



Gambar 5.2 Kurva Hasil Uji Fungsi Kelembaban.

Pengujian terakhir adalah pengujian fungsi kontrol dari kedua kondisi dimana bagaimana mengontrol kelembaban dan suhu dalam satu waktu, sedangkan secara alamiah, suhu dan kelembaban berbanding terbalik. Dalam pengujian ini akan terjawab apakah fungsi kontrol *fuzzy* dalam mikrokontroler mampu menjaga keseimbangan antara suhu dan kelembaban sesuai dengan yang diharapkan. Berikut tabel hasil pengujian selama 1 jam.

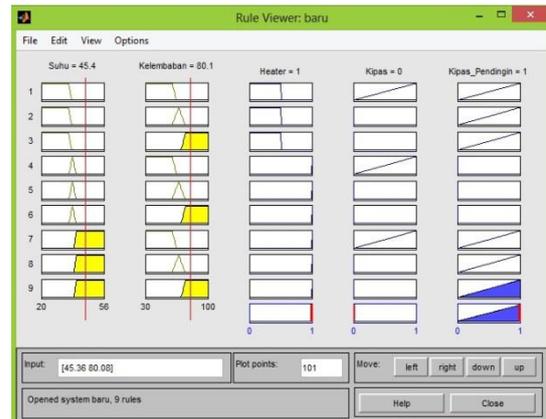
Tabel 5.3 Hasil Uji Fungsi Suhu dan Kelembaban

No.	Durasi (Minute)	Hasil pengukuran ($^{\circ}\text{C}$)	Hasil pengukuran (RH%)
1.	0	33.6	90.3
2.	5	34.1	78.6
3.	10	35.6	74.7
4.	15	36.5	72.1
5.	20	37.1	71.5
6.	25	37.5	70.4
7.	30	37.7	69
8.	35	37.8	68.9
9.	40	37.9	68.3
10.	45	38	68.1
11.	50	37.9	68.7
12.	55	38	67.9
13.	60	37.9	67.9



Gambar 5.3 Kurva Hasil Uji Fungsi Suhu dan Kelembaban 1.

Setelah *rule base* dibentuk berdasarkan parameter – parameter yang ada, bila diimplementasikan kesistem maka akan memdapatkan gambaran seperti berikut:



Gambar 4.16 Rule Base 2.

VI. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan penelitian ini adalah:

1. Alat kontrol suhu inkubator telur telah berhasil dibangun dengan menggunakan mikrokontroler sebagai *unit processing* dan dengan memanfaatkan kontrol *fuzzy* dan PWM.
2. Alat kontrol suhu inkubator telur mampu mencapai suhu serta kelembaban sesuai *set point* yang diberikan.
3. Alat kontrol suhu inkubator telur hanya mampu membaca suhu dan kelembaban didalam inkubator
4. Durasi pencapaian suhu serta kelembaban sesuai dengan *set point* tidak selalu sama, tergantung suhu dan kelembaban lingkungan.
5. Rentang suhu yang diukur adalah antara 0 hingga 90 derajat *celcius* dan untuk kelembaban 0 hingga 100 %RH.
6. Dikarenakan ini difungsikan untuk inkubator telur, makaset *point* suhu ditentukan dengan rantang 36 – 40 derajat *celcius* dan kelembaban antara 65 – 70 %RH sesuai kebutuhan telur untuk menetas.
7. Berdasarkan penelitian maskuri, pengambilan data dilakukan hanya sesaat saja, sedangkan penulis melakukan pengambilan data secara kontinu, sehingga hasil kerja alat tersebut benar-benar terlihat.

8. Penelitian maskuri hanya menggunakan sensor LM35, sehingga tidak dapat melakukan proses pengontrolan kelembaban.

REFERENSI

- [1] Gafur, A. 2010. Rancang Bangun Informasi Parkir Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA. Universitas Riau. Pekanbaru.
- [2] Kartasudjana, Ruhyat. 2001. Modul Program Keahlian Budidaya Ternak Penetasan Telur. Jakarta. Departemen Pendidikan Nasional.
- [3] Lazuardi. 1998. Sensor dan pengolahan Isyarat. FMIPA UNRI. Pekanbaru.
- [4] Maskuri. 2005. Pengendali Suhu Alat Penetas Telur Ayam Berbasis Mikrokontroler AT89C51. UNISFAT.
- [5] Purba, Erita Tiurma. 2012. Desain dan Uji Keakurasian Sensor Suhu dan Kelembaban SHT75 Dengan Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535 Untuk Bahan Makanan. Universitas Riau. Pekanbaru.
- [6] Santosa, PG. 2006. Simulasi Elektronika Digital. Yogyakarta. Andi.
- [7] Sudjadi. 2005. Teori dan Aplikasi Mikrokontroler: Aplikasi Pada Mikrokontroler AT89C51. Yogyakarta. Graha Ilmu.
- [8] Suryadi, Kadarsah & Ramdhani, M.Ali. Sistem Pendukung keputusan, Bandung : PT. Remaja Rosdakarya, 2003.
- [9] Winoto, Ardi. 2008. Mikrokontroler AVR ATmega 8/32/16/8535 dan Pemrosesan Dengan Bahasa C pada Win AR. Bandung. Informatika.