

## RANCANG BANGUN ALAT PENGATUR SUHU DAN KELEMBABAN PADA MEDIA CACING *LUMBRICUS RUBELLUS*

Hery Setia Wardana<sup>1)</sup>, Helmy Widyantara<sup>2)</sup>, Madha Christian Wibowo<sup>3)</sup>

Program Studi/Jurusan Sistem Komputer  
Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya  
Jalan Raya Kedung Baruk 98 Surabaya, 60298

Email : <sup>1)</sup> herysetiawardana.92@gmail.com <sup>2)</sup> helmywid@stikom.edu <sup>3)</sup> madha@stikom.edu

*Worm species Lumbricus Rubellus now widely cultivated to be used as medicine. Currently for helminth control is manual, although the cultivation of worms in order to obtain good results in the media should be controlled properly worms such as temperature and humidity. Temperature and humidity is very influential in the growth of worms Vermis rubellus process. To control temperature and humidity control algorithm requires great.*

*In this study, for the regulation of temperature and humidity to match required by the worm, the method used by the authors is the method of fuzzy because it is a flexible method in terms of a parameter can change under certain conditions and adapt to change - change that is influenced by the environment, Fuzzy itself is divided into three methods: Mamdani, Sugeno and Sukamoto. In this study the authors used Sugeno method for research.*

*In this study, there are several processes through which to control temperature and humidity. The process is a process of fuzzy systems is fuzzification process, setting rules and defuzzification. Through the process is able to control temperature and humidity in the media worm. In the process of temperature and humidity control requires four actuators that motor, fan, and hair dryer Fasher, and two sensors, namely sensors and sensor LM35 moisture soil.*

*Results of fuzzy process is in the form of the fourth movement of the actuator. Results of sensor readings and then calibrated in order to get the correct temperature and humidity. Data sensor readings will be displayed on the LCD (Liquid Crystal Display). The percentage error is generated in the process of temperature and humidity calibration is 0.38 to 0.73 for the temperature and humidity.*

**Key words:** LM35, Fuzzy, Soil Moisture, *Lumbricus Rubellus*

*Lumbricus rubellus*, atau “Cacing Tanah Merah”, berkisar dari 1 sampai 4 inci (25-105mm) panjang dan memiliki warna kemerahan, semi-transparan, fleksibel kulit halus melingkar tersegmentasi menjadi beberapa bagian. (Edwards dan Lofty 1972).

Pada saat ini pembudidaya cacing menentukan suhu dan kelembaban berdasarkan perkiraan. Padahal, menurut para ahli Suhu dan kelembaban sangat dibutuhkan oleh cacing *lumbricus rubellus* untuk aktivitas metabolisme seperti pertumbuhan respirasi dan reproduksi (Minnich 1997). Suhu yang dibutuhkan oleh cacing jenis *lumbricus rubellus* ini sekitar 15-

31°C (Radian, 1994). Menurut Simandjuntak dan Waluyo (1982) mengatakan bahwa kelembaban optimum bagi kelangsungan hidup cacing *lumbricus rubellus* berkisar 15-30%.

Pengaturan suhu dalam rancangan alat ini menggunakan LM35 sebagai pengatur suhu, sedangkan untuk pengaturan kelembaban menggunakan *soil moisture* sebagai sensor.

Rancangan untuk alat yang dibuat menggunakan *Fasher* sebagai penyiraman tanah. Kipas sebagai pendingin suhu dan mengeringkan tanah jika suhu dalam ruangan

lebih dari yang ditentukan. *Hair dryer* yang berfungsi untuk memanaskan ruangan saat suhu terlalu dingin serta motor untuk meratakan kelembaban saat proses penyiraman.

kipas, *fasher*, *hair dreyer*, dan motor dibutuhkan *relay* yang mana *relay* ini digunakan untuk menggerakkan keempat aktuator. *Relay* ini dikontrol oleh *microcontroller* dimana *outputan* dari *microcontroller* ini memicu coil yang berada pada *relay* agar *switch* pada *relay* berubah dari normal *open* ke normal *close*.

Motor yang digunakan pada alat ini adalah motor DC yang membutuhkan tegangan 12V dan arus 50A. Motor ini mendapatkan daya dari aki, keluaran dari aki ini diatur oleh agar motor berjalan saat *microcontroller* memberikan tegangan 5V sebagai pemicu *relay* tersebut. Sedangkan untuk motor DC tersebut digunakan untuk memutar wadah yang berisi cacing pada saat proses penyiraman agar saat proses penyiraman kelembaban pada media cacing tersebut menjadi merata. Motor akan bergerak pada saat kondisi kelembaban dibawah 30 %. Motor akan bergerak dan diikuti dengan pengaktifan *fasher* untuk menyiram atau membasahi media cacing. Tujuannya agar media pada cacing jenis *rumbricus rubellus* menjadi stabil dan sesuai dengan yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan.

Sistem kontrol sangat dibutuhkan untuk mengatur kelembaban dan suhu pada media cacing (grajen) agar didapatkan tingkat suhu dan kelembaban normal sesuai dengan kebutuhan cacing. Sistem kontrol yang dimaksud adalah suatu “implementasi Metode Fuzzy Logic untuk pengukuran kelembaban dan suhu pada media cacing”.

### Lumbricus Rubellus

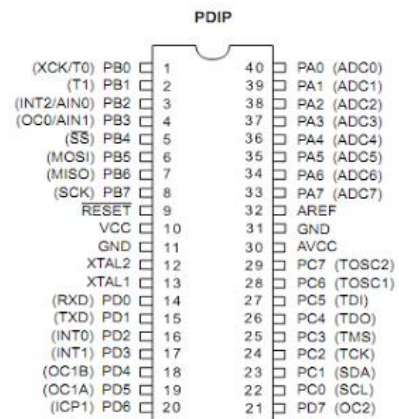
*Lumbricus rubellus* adalah spesies cacing tanah yang berhubungan dengan *Lumbricus terrestris*. Biasanya cokelat kemerahan atau ungu kemerahan, bagian punggung berwarna-warni, dan bagian perut berwarna kuning pucat.

### ATMEGA32

AVR Atmega32 merupakan sebuah mikrokontroler *low power CMOS* 8 bit

berdasarkan arsitektur AVR RISC. Mikrokontroler ini memiliki karakteristik sebagai berikut.

1. Menggunakan arsitektur AVR RISC
  - a. 131 perintah dengan satu *clock cycle*
  - b. 32 x 8 register umum
2. Data dan program memori
  - a. 32 Kb *In-System Programmable Flash*
  - b. 2 Kb SRAM
  - c. 1 Kb *In-System EEPROM*
    1. 8 Channel 10-bit ADC
    2. *Two Wire Interface*
    3. *USART Serial Communication*
    4. *Master/Slave SPI Serial Interface*
    5. *On-Chip Oscillator*
    6. *Watch-dog Timer*
    7. 32 *Bi-directional I/O*
    8. Tegangan operasi 2,7 – 5,5 V



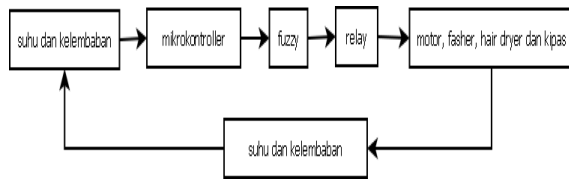
Gambar 1. Block Diagram ATMEGA32

### LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi.



## Block Diagram

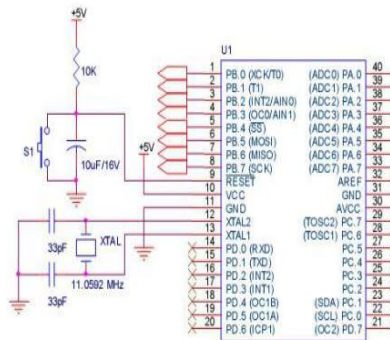


Gambar 4. Block Diagram Sistem Keseluruhan

## Rangkaian Microcontroller

Untuk menjalankan *mikrokontroler* ini dibutuhkan sebuah rangkaian agar *mikrokontroler* tersebut dapat bekerja dengan baik. Rangkaian *mikrokontroler* terdiri dari rangkaian *reset* dan rangkaian *osilator*.

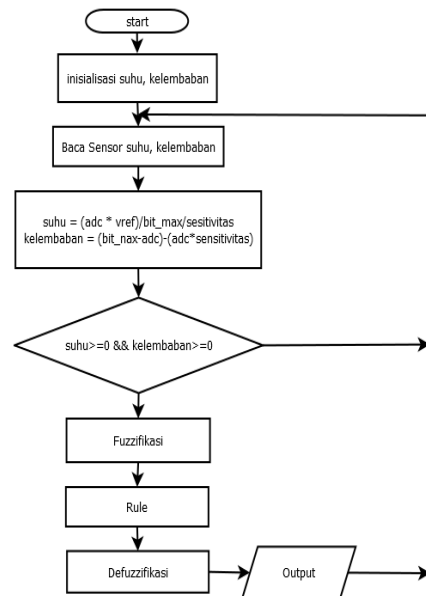
Pada Pin VCC diberi masukan tegangan operasi berkisar antara 4.5 Volt sampai dengan 5,5 Volt. Pin RST mendapatkan input dari *manual reset*.



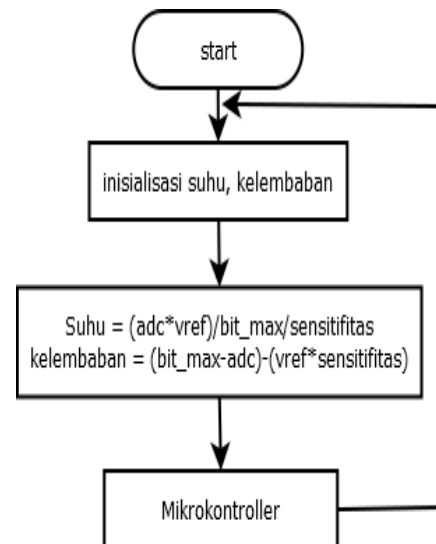
Gambar 5. Rangkaian minimum sistem Atmega32

## Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak bertujuan untuk mengirim dan menerima input output dari sensor kelembaban dan suhu. Minimum sistem memperoleh data dari LM35 dan *soil moisture* yang berupa ADC yang kemudian diolah menjadi kelembaban dan celcius yang bertujuan agar dapat menggerakkan aktuator.



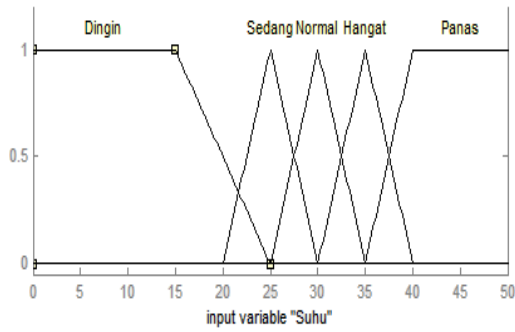
Gambar 6. Diagram alir pembacaan sensor



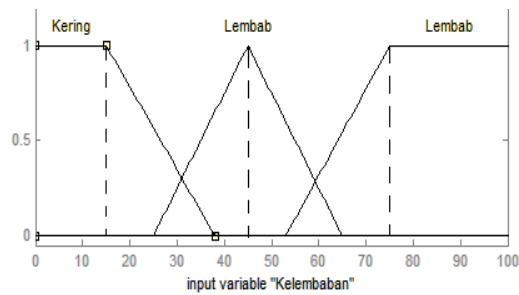
Gambar 7. Diagram alir Program secara umum pada mikrokontroler

## Fuzzifikasi

Pada proses fuzzifikasi ini terjadi pengambilan keputusan dengan cara mengubah masukan *crisp* (bentuk tegas) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik). Pengubahan *crisp* menjadi *fuzzy*.



Gambar 8. Pemetaan Keanggotaan Suhu



Gambar 9. Pemetaan Keanggotaan Kelembaban

**Rule**

Rule set adalah proses evaluasi derajat keanggotaan tiap-tiap fungsi himpunan *fuzzy* masukan kedalam basis aturan yang telah ditetapkan. Tujuan evaluasi ini adalah menentukan derajat keanggotaan dari nilai *fuzzy*.

		suhu				
		D	S	N	H	P
kelembaban	K	MFH	MF	MF	MF	MFK
	L	DM	DM	K	K	K
	B	KH	KH	KH	K	K

Gambar 10. Penentuan Rule Set

Dari tabel diatas dapat diartikan sebagai berikut :

- IF kering AND dingin THEN motor, *fasher*, *hairdryer*.
- IF kering AND sedang THEN motor, *fasher*.
- IF kering AND normal THEN motor, *fasher*.
- IF kering AND hangat THEN motor, *fasher*.
- IF kering AND panas THEN motor, *fasher*, kipas.
- IF lembab AND dingin THEN diam.
- IF lembab AND sedang THEN diam.

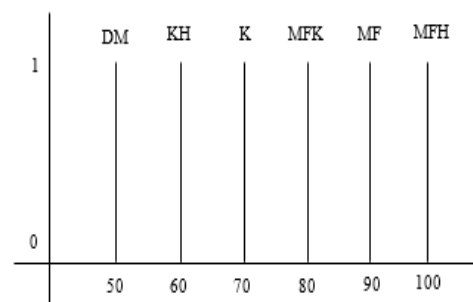
- IF lembab AND normal THEN kipas.
- IF lembab AND hangat THEN kipas.
- IF lembab AND panas THEN kipas.
- IF basah AND dingin THEN kipas, *hairdryer*.
- IF basah AND sedang THEN kipas, *hairdryer*.
- IF basah AND normal THEN kipas, *hairdryer*.
- IF basah AND hangat THEN kipas.
- IF basah AND panas THEN kipas.

**Keterangan :**

- D : Dingin
- S : Sedang
- N : Normal
- H : Hangat
- P : Panas
- K : Kipas
- L : Lembab
- B : Basah
- DM : Diam
- KH : Kipas dan *Hair dryer*
- K : Kipas
- MFK : Motor, *fasher*, Kipas
- MF : Motor dan *Fasher*
- MFH : Motor, *Fasher* dan *Hair dryer*

**Defuzzifikasi**

Defuzzifikasi adalah mengubah himpunan *fuzzy* keluaran menjadi keluaran tegas (*crisp*). Pengubahan ini diperlkan karena konstanta kendali *fuzzy* hanya menal nilai tegas sebagai variabel kontrol.



Gambar 11. Fungsi Keanggotaan

**Hasil Pengujian Sensor LM35**

Pengujian suhu menggunakan LM35 bertujuan untuk mengatur suhu pada media cacing *lumbricus Rubellus* agar suhu pada media grajen tersebut dapat diketahui.

Dari hasil pengujian sensor suhu menggunakan LM35 data yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Kalibrasi Suhu

KALIBRASI SUHU			
No	LM35	DATA ACUAN	ERROR
1	28,4	27,9	0,5
2	29,4	28,7	0,7
3	29,4	28,8	0,6
4	29,4	29	0,4
5	29,4	29,3	0,1
6	29,4	29,7	0,3
7	29,4	29,7	0,3
8	29,4	28,9	0,5
9	29,4	30,2	0,8
10	29,4	29,2	0,2
11	29,4	28,9	0,5
12	29,4	29,1	0,3
13	29,4	29	0,4
14	29,4	28,9	0,5
15	29,4	28,4	0,8
16	29,4	29,7	0,3
17	31,4	31,2	0,2
18	31,4	30,9	0,5
19	31,4	30,9	0,5
20	31,4	31,3	0,1
21	31,4	31,4	0,2
22	31,4	31,3	0,1
23	31,4	32	0,6
24	31,4	31,1	0,3
25	31,4	30,7	0,7
26	31,4	31,2	0,2
27	31,4	31,3	0,1
28	31,4	31,3	0,1
29	31,4	30,9	0,5
30	31,4	31,1	0,3
31	31,4	31,3	0,1
32	31,3	30,7	0,8
33	32,3	32,4	0,1
34	32,3	32	0,3
35	32,3	32,1	0,2
36	32,3	32,9	0,6
37	33,3	33,9	0,6
38	33,3	33,7	0,4
39	33,3	33,3	0,2
40	33,3	33,7	0,4
41	33,3	33,3	0,2
		<b>Error rata-rata</b>	<b>0,38</b>
		<b>Standart deviasi</b>	<b>0,4220</b>

### Sensor Soil Moisture

Pengujian kelembaban menggunakan *soil moisture* bertujuan untuk mengatur kelembaban pada media cacing *lumbricus Rubellus* agar kelembaban pada media grajen tersebut dapat diketahui dan dikontrol dengan baik.

Dari hasil pengujian sensor kelembaban menggunakan *soil moisture* data yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Kalibrasi kelembaban

KALIBRASI KELEMBABAN			
No	SENSOR KELEMBABAN	DATA ACUAN	ERROR
1	27	25	2
2	27	26	1
3	27	28	1
4	29	28	1
5	29	29	0
6	30	29	1
7	40	40	0
8	41	40	1
9	42	43	1
10	43	45	2
11	44	45	1
12	48	46	2
13	53	52	1
14	54	54	0
15	54	55	1
16	55	55	0
17	56	56	0
18	57	56	1
19	64	65	1
20	65	65	0
21	65	65	0
22	66	65	1
23	67	67	0
24	67	67	0
25	68	67	1
26	68	68	0
27	68	68	0
28	68	69	1
29	69	68	1
30	70	69	1
		<b>Error Rata-rata</b>	<b>0,73</b>
		<b>Standart deviasi</b>	<b>0,9613</b>

### Pengujian Sisten Keseluruhan

Dari beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat menstabilkan suhu dan kelembaban saat suhu dan kelembaban mengalami peningkatan dan penurunan.

Pengujian ini bertujuan seberapa lama sistem mampu menstabilkan suhu dan kelembaban saat berapa pada kondisi lingkungan yang berbeda.

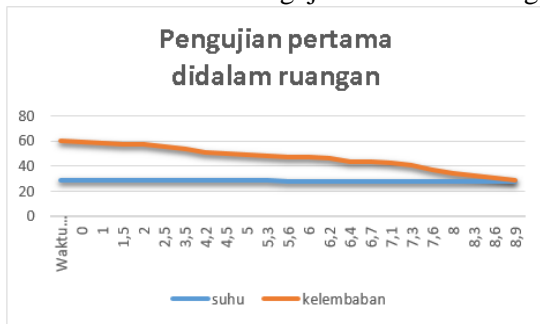
Pengujian ini dilakukan diluar ruangan dan didalam ruang, serta pada kondisi dingin dan panas.

Pengujian yang dilakukan mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian diluar ruangan

Suhu	Kelambaban	Waktu (m:d)	Motor	Fasher	Hairdryer	Kipas
28,4	60	0.0	off	off	on	on
28,4	59	1.0	off	off	on	on
28,2	58	1.5	off	off	on	on
28,4	57	2.0	off	off	on	on
28,4	57	2.5	off	off	on	on
28,4	55	3.5	off	off	on	on
28,2	54	4.2	off	off	off	on
28,2	51	4.5	off	off	off	on
28,4	50	5.0	off	off	off	on
28,4	49	5.3	off	off	off	on
28,2	48	5.6	off	off	off	on
28,1	47	6.0	off	off	off	on
27,5	47	6.2	off	off	off	on
27,5	46	6.4	off	off	off	on
27,5	43	6.7	off	off	off	on
27,5	43	7.1	off	off	off	on
28,1	42	7.3	off	off	off	on
28,1	41	7.6	off	off	off	on
28,1	37	8.0	off	off	off	on
27,4	34	8.3	off	off	off	on
27,5	32	8.6	off	off	off	on
27,4	30	8.9	off	off	off	off
27,5	29	9.3	off	off	off	off

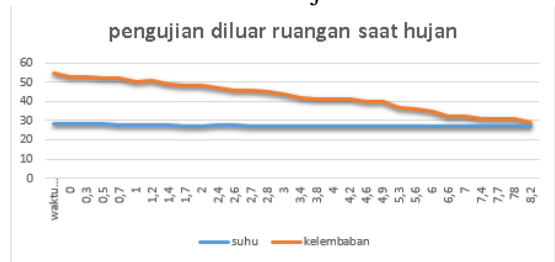
Gambar 12. Grafik Pengujian didalam Ruangan



Tabel 4. Hasil Pengujian diluar Ruangan Saat Hujan

Suhu	Kelambaban	Waktu (m:d)	Motor	Fasher	Hairdryer	Kipas
28,4	55	0.0	off	off	on	on
28,2	53	0.3	off	off	off	on
28,2	53	0.5	off	off	off	on
28,2	52	0.7	off	off	off	on
27,7	52	1.0	off	off	off	on
27,7	50	1.2	off	off	off	on
27,5	51	1.4	off	off	off	on
27,5	49	1.7	off	off	off	on
27,4	48	2.0	off	off	off	on
27,4	48	2.4	off	off	off	on
27,5	47	2.6	off	off	off	on
27,5	46	2.7	off	off	off	on
27,4	46	2.8	off	off	off	on
27,2	45	3.0	off	off	off	on
27,2	44	3.4	off	off	off	on
27,1	42	3.8	off	off	off	on
27,2	41	4.0	off	off	off	on
27,2	41	4.2	off	off	off	on
27,1	41	4.6	off	off	off	on
27,2	40	4.9	off	off	off	on
27,4	40	5.3	off	off	off	on
27,4	37	5.6	off	off	off	on
27,4	36	6.0	off	off	off	on
27,2	35	6.6	off	off	off	on
27,1	32	7.0	off	off	off	on
27,2	32	7.4	off	off	off	on
27,2	31	7.7	off	off	off	off
27,1	31	7.8	off	off	off	off
27,2	31	8.2	off	off	off	off
27,1	29	8.7	off	off	off	off

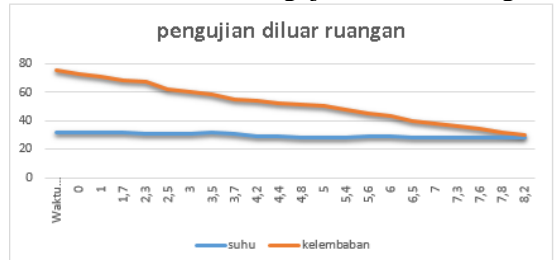
Gambar 13. Grafik Pengujian diluar Ruangan Saat Hujan



Tabel 5. Tabel Pengujian diluar Ruangan

Suhu	Kelambaban	Waktu (m:d)	Motor	Fasher	Hairdryer	Kipas
31,4	75	0.0	off	off	on	on
31,4	73	1.0	off	off	on	on
31,4	71	1.7	off	off	on	on
31,4	68	2.3	off	off	on	on
30,4	67	2.5	off	off	on	on
30,4	62	3.0	off	off	on	on
30,4	60	3.5	off	off	off	on
31,4	58	3.7	off	off	off	on
30,4	55	4.2	off	off	off	on
29,4	54	4.4	off	off	off	on
29,4	52	4.8	off	off	off	on
28,4	51	5.0	off	off	off	on
28,5	50	5.4	off	off	off	on
28,4	48	5.6	off	off	off	on
29,4	45	6.0	off	off	off	on
29,4	43	6.5	off	off	off	on
28,4	40	7.0	off	off	off	on
28,5	38	7.3	off	off	off	on
28,5	36	7.6	off	off	off	on
28,5	34	7.8	off	off	off	on
28,4	32	8.2	off	off	off	on
28,4	30	8.3	off	off	off	off

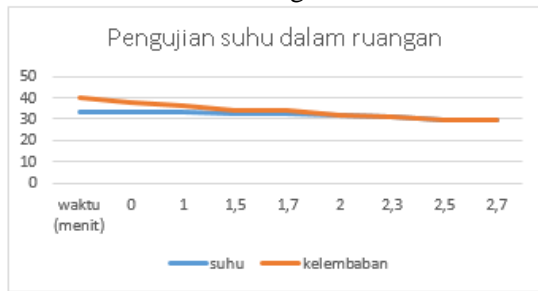
Gambar 14. Grafik Pengujian diluar Ruangan



Tabel 6. Pengujian Suhu didalam Ruangan

Suhu	Kelambaban	Waktu (m:d)	Motor	Fasher	Hairdryer	Kipas
33,3	40	0.0	off	off	off	on
33,3	38	1.0	off	off	off	on
33,3	36	1.5	off	off	off	on
32,3	34	1.7	off	off	off	off
32,3	34	2.0	off	off	off	off
31,5	32	2.3	off	off	off	off
31,4	31	2.5	off	off	off	off
29,4	30	2.7	off	off	off	off
29,4	30	3.0	off	off	off	off

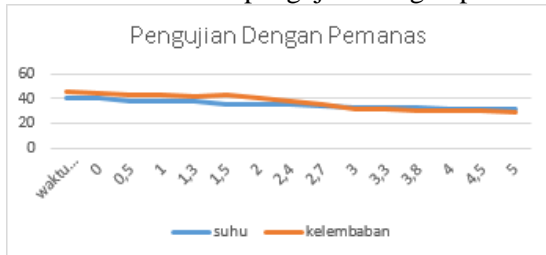
Gambar 15. Grafik Pengujian Suhu didalam Ruang



Tabel 7. Pengujian Suhu dengan Pemanas

Suhu	Kelembaban	Waktu (m:d)	Motor	Fasher	Hairdryer	Kipas
40,3	45	0:0	on	on	off	on
40,3	44	0:5	on	on	off	on
38,3	43	1:0	on	on	off	on
38,3	43	1:3	on	on	off	on
38,3	42	1:5	on	on	off	on
35,5	43	2:0	on	on	off	off
35,3	40	2:4	on	on	off	off
35,3	38	2:7	on	on	off	off
34,3	35	3:0	on	on	off	off
33,3	32	3:3	off	off	off	on
32,3	31	3:8	off	off	off	on
32,3	30	4:0	off	off	off	on
31,5	30	4:5	off	off	off	on
31,4	30	5:0	off	off	off	on
31,4	29	5:2	off	off	off	on
29,4	29	5:5	off	off	off	off

Gambar 16. Grafik pengujian dengan pemanas



Pada tabel pengujian diatas dilakukan pada tempat yang berbeda agar dapat mengetahui apakah sistem fuzzy yang digunakan mampu mengkondisikan pada lingkungan disekitar pada saat mengalami perubahan suhu dan kelembaban pada media cacing tersebut. Dari data pengujian diatas ternyata sistem fuzzy yang digunakan pada rancang bangun pada tugas akhir ini bisa mengkondisikan suhu dan kelembaban meskipun melakukan pengujian ditempat yang berbeda.

Untuk waktu digunakan untuk mengetahui seberapa lama perubahan suhu dan kelembaban yang dibutuhkan sampai mencapai suhu dan kelembaban yang dibutuhkan oleh cacing tersebut pada media grajen atau serbuk kayu.

Pada percobaan suhu membutuhkan waktu yang singkat untuk menstabilkan suhu

keposisi semula atau suhu yang dibutuhkan oleh cacing. percobaan untuk suhu keduanya dilakukan didalam ruang, tapi perlakuan yang berbeda. Pengujian pertama suhu normal dan kedua menggunakan *hairdryer* untuk memanaskan suhu, *hairdryer* ini dihidupkan selama 1 menit. Saat *hairdryer* hidup sistem belum dijalankan. Setelah selesai dipanaskan ruangan tersebut baru sistem dijalankan untuk menstabilkan kecondisi yang dibutuhkan oleh cacing tersebut.

## Penutup

Berdasarkan pengujian maka dapat mengambil beberapa kesimpulan dan saran dari hasil yang diperoleh.

## Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian, penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Program *fuzzy* yang digunakan dapat mengambil keputusan aktuator mana yang akan dijalankan sesuai dengan inputan dari sensor LM35 dan sensor *soil moisture*.
2. Rata-rata error dari pengkalibrasian empat puluh *sample* data LM35 dengan termometer sebagai suhu acuan adalah 0,38.
3. Rata-rata dari pengkalibrasian tiga puluh *sample* data *soil moisture* dengan MPL-330 sebagai acuan untuk kelembaban adalah sebesar 0,73.
4. Metode *fuzzy* yang digunakan pada rancang bangun ini mempunyai dua parameter *input*, yang diantaranya adalah delta suhu (selisih sensor suhu) dan delta kelembaban (selisih sensor kelembaban).

## Saran

Sebagai pengembangan dari penelitian ini yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penambahan beberapa sensor untuk suhu dan kelembaban agar suhu dan kelembaban pada media dapat dikontrol secara keseluruhan.
2. Untuk pengembangan rancang bangun ini bisa ditambah untuk pemberian



makan pada cacing yang juga dikontrol oleh *fuzzy*.

Penambahan aktuator untuk *fasher*, *hair dryer* dan kipas agar saat proses penyiram, penurunan dan kenaikan suhu serta pengeringan media lebih mendapatkan hasil yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ATMEL Corporation. 2005, ATmega32 , (Online). (<http://www.atmel.com> , diakses 10 September 2014)
- Utomo, Tri. 2011. Implementasi Mikrokontroller Sebagai Pengukur Suhu Delapan Ruangan. Diakses pada tanggal 12 September 2014.  
URL:(<http://jurtek.akprind.ac.id/bib/implementasi-mikrokontroller-sebagai-pengukur-suhu-delapan-ruangan>).
- INNOVATIVE ELECTRONICS. 2009. AVR USB ISP. Diakses pada tanggal 15 September 2014.  
([http://www.innovativeelectronics.com/innovative\\_electronics/download\\_files/manual/Manual%20DT-HiQ%20AVR%20USB%20ISP.pdf](http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Manual%20DT-HiQ%20AVR%20USB%20ISP.pdf)).
- Sri Kusumadewi, Hari Purnomo, 2010. "Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan, edisi 2". Yogyakarta, Graha Ilmu.
- Kilian, Christopher T. 1996 . Modern Control Technology. Edwards, C.A. dan Bohlen, P.J. 1996. Biology and ecology of earthworms. 3rd ed. Chapman & Hall. London.
- Edwards, C.A. dan Lofty, J.R. 1977. Biology of Earthworms. A Halsted Press Boo, John Wiley & Sons. New York.
- Wallwork JA (1983): Earthworm biology. 1<sup>st</sup> Ed. E. Arnold Publishers Ltd., London.
- Endra Pitowarno (2006), ROBOTIKA Desain, Kontrol dan Kecerdasan Buatan, Penerbit ANDI Yogyakarta.