

# SISTEM PENGENDALIAN SUHU MENGGUNAKAN METODE FUZZY PADA ALAT PENDINGIN JAMUR TIRAM SEBAGAI ALTERNATIF PENJEMURAN MATAHARI

ANDREW KRISTANTYO, Pembimbing 1: Dr. Ir. Bambang Siswojo, M.T. 2: Ir. Retnowati

**Abstrak**—Dengan perkembangan zaman yang semakin maju yang segalanya dapat dilakukan dengan alat elektronik, sehingga hal ini mendorong manusia untuk selalu mencari cara yang termudah untuk melakukan pekerjaan yang sulit. Salah satunya adalah inovasi yang akan diteliti kali ini yaitu Alat Pendingin Jamur Tiram. Seperti yang kita pahami jamur tiram ini memiliki kandungan gizi yang sangat baik untuk tubuh kita diantaranya adalah protein, air, kalori, karbohidrat, dan sisanya berupa serat zat besi, kalsium, vitamin B1, vitamin B2, dan vitamin C. (Eger G, Eden G, Wissig E. 1976). Dari alasan diatas itulah dilakukan penelitian yang berjudul “Sistem Pengendalian Suhu Menggunakan Metode Fuzzy Pada Alat Pendingin Jamur Tiram Sebagai Alternatif Penjemuran Matahari”. Nilai dari suhu dan kondisi jamur akan ditampilkan dalam *Liquid Crystal Display* (LCD) sehingga pemantauan akan lebih mudah yaitu hanya dengan melihat dari LCD. Selain itu diharapkan alat dapat membantu para pengusaha jamur dalam menghemat waktu untuk pendinginan sehingga dapat meningkatkan produktifitas dan meningkatkan keuntungan dalam waktu yang terhitung singkat. Hasil pengujian pendinginan jamur dengan menggunakan metode *fuzzy* berlangsung selama 9 jam, dimana sistem mempunyai parameter kontrol  $T_d=38$ Menit,  $T_r=77$ Menit,  $T_p=90$ Menit.

**Kata Kunci**— Jamur Tiram, Pendinginan, , Kontroller, Fuzzy.

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin maju yang segalanya dapat dilakukan dengan alat elektronik, sehingga hal ini mendorong manusia untuk selalu mencari cara yang termudah untuk melakukan pekerjaan yang sulit. Salah satunya adalah inovasi yang akan diteliti kali ini yaitu Alat Pendingin Jamur Tiram. Seperti yang kita pahami jamur tiram ini memiliki kandungan gizi yang sangat baik untuk tubuh kita diantaranya adalah protein, air, kalori, karbohidrat, dan sisanya berupa serat zat besi, kalsium, vitamin B1, vitamin B2, dan vitamin C. (Eger G, Eden G, Wissig E. 1976).

Melihat banyaknya kandungan zat pada jamur tiram yang baik untuk kesehatan tubuh manusia maka banyak olahan jamur yang kini telah tersedia dimana semua olahan tersebut ditujukan untuk mengenalkan jamur tiram kepada masyarakat. Untuk mengkonsumsi jamur tiram ini pun beragam ada yang mengolah jamur tiram ini seusai panen (masih basah) ataupun mengolah setelah jamur tiram dalam kondisi kering. Untuk mengolah jamur pada kondisi kering, jelas jamur harus dikeringkan terlebih dahulu biasanya hal ini dilakukan selain untuk olahan kripik jamur juga bertujuan untuk penyimpanan jamur yang lebih lama. Untuk mengeringkan jamur dapat menggunakan dua cara, yaitu dengan cara konvensional yaitu dengan menjemur jamur tiram di bawah sinar matahari dan dengan cara mengeringkan dengan menggunakan alat pendingin. Permasalahan yang sering dikeluhkan oleh para pengusaha kripik jamur adalah jika menggunakan sinar matahari, jelas proses pendinginan harus menunggu musim panas tiba, karena pada saat musim hujan jamur tidak akan dapat kering secara sempurna mengingat jika matahari bersinar terik itupun membutuhkan waktu seharian agar jamur dapat kering sempurna. Jika proses pendinginan jamur tiram menggunakan alat pendingin, maka diperlukan suatu alat yang mampu menjaga kestabilan suhu untuk proses pendinginannya pada suatu nilai tertentu sehingga diperoleh tingkat kekeringan yang sempurna.

Dari alasan diatas itulah dilakukan penelitian

yang berjudul “Sistem Pengendalian Suhu Menggunakan Metode Fuzzy Pada Alat Pendingin Jamur Tiram Sebagai Alternatif Penjemuran Matahari”. Nilai dari suhu dan kondisi jamur akan ditampilkan dalam *Liquid Crystal Display* (LCD) sehingga pemantauan akan lebih mudah yaitu hanya dengan melihat dari LCD. Selain itu diharapkan alat dapat membantu para pengusaha jamur dalam menghemat waktu untuk pendinginan sehingga dapat meningkatkan produktifitas dan meningkatkan keuntungan dalam waktu yang terhitung singkat.

Pada penelitian kali ini mempunyai tujuan untuk mengetahui dan membandingkan karakteristik dan respon antara metode fuzzy dan metode yang telah digunakan sebelumnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Jamur Tiram

Jamur tiram memiliki banyak jenis, salah satunya adalah jamur tiram putih. Jenis ini merupakan jenis yang paling banyak dikonsumsi pada umumnya selain karena mudah dibudidayakan, jamur ini juga termasuk sayuran yang mudah diolah dan dikonsumsi. Jamur ini memiliki ciri spesifik:

- Mempunyai spora berwarna putih.
- Batang atau stipes terletak di tepian tudung jamur.
- Lebar tudung 3 cm hingga 14 cm (Jaelani, 2008).

Jamur bersifat saprofit, yaitu penyerapan zat makanannya diserap dari limbah pertanian menurut Chang and Hayes, (1978) dalam Rahmat, E.A., (1997). Oleh karena itu, jamur tidak mempunyai akar, batang dan daun sejati dan termasuk dalam tumbuhan *Thallophyta*. Secara umum pertumbuhan jamur dibagi menjadi dua fase yaitu vegetatif dan generatif.

Jamur tiram ini, disamping mempunyai cita rasa dan tekstur yang spesifik juga mengandung asam amino yang cukup lengkap (Rismunandar, 1982 dalam Rachmat, E.A., 1997). Tubuh buah jamur *Pleurotus sp.* mengandung protein sebesar 30.4 %, lemak 2.2 %, karbohidrat 57.6 %, serat 8.7 %, dan abu 9.8 % per

berat kering dengan kadar air sebesar 90.8%. Kandungan vitaminnya meliputi thiamin, riboflavin, dan niasin. Mineral yang dikandungnya antara lain: kalsium, fosfor, besi, natrium, dan kalium (Chang dan Hayes, 1978 dalam Rachmat, E.A., 1997). Gambar 1 menunjukkan karakteristik fisik jamur tiram berbentuk lebar.



Gambar 1. Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*)

Daya tarik jamur tiram adalah pada warna tubuh buahnya yang bervariasi, mulai putih (sehingga disebut tiram putih), kecoklatan, keabuan, kekuning-kuningan, kemerah-merahan. Nama tiram didasarkan warna tubuhnya (Suriawiria, 2010). Pengeringan pada jamur tiram umumnya masih sangat jarang, karena kandungan kadar air dalam jamur masih terbilang tinggi, yaitu mencapai 90%. Dari beberapa penelitian pengeringan jamur tentang kadar air menyebutkan bahwa kadar air jamur sebesar 89,41% (Kala, 2009) dan 90,12% (Tulek, 2011) oleh karena itu dalam pengeringan jamur harus seragam.

## B. Pengeringan Jamur

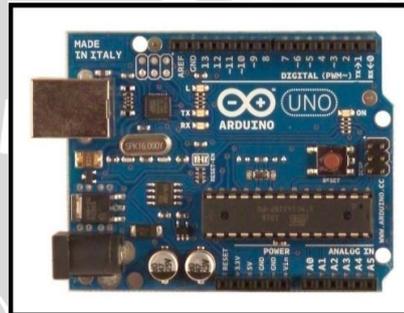
Untuk pengeringan jamur tiram ada beberapa parameter yang sesuai agar hasil pengeringan didapatkan hasil yang baik. Diantaranya suhu pada saat pengeringan dan berat jamur setelah dan sebelum proses pengeringan. Secara normal jika dikeringkan dengan sinar matahari langsung didapatkan suhu sekitar 20 – 40°C, namun dalam penelitian ini digunakan suhu sebesar 65°C- 69°C, selama masih di bawah batas suhu yang direkomendasikan yaitu dibawah 70°C (Witi, 1990) dan literatur lain dikatakan Jamur yang akan dikeringkan dengan menggunakan oven akan baik jika menggunakan suhu diatas 50°C (Syah, 1993), sehingga dapat disimpulkan suhu optimum untuk pengeringan jamur adalah diantara 50 hingga 70 derajat celsius.

Sedangkan dari parameter kadar air, Steinkraus et al. (1985) menyatakan bahwa tingkat kadar air 2% sampai 8% atau 4% dari berat total sampel merupakan hasil akhir pengeringan yang aman dari risiko adanya pertumbuhan mikroorganisme kontaminan sehingga baik untuk penyimpanan maupun untuk diolah menjadi keripik jamur. Untuk parameter waktu dalam pengeringan jamur menggunakan pemanas optimalnya dilakukan tidak lebih dari 24 jam (Netty, 2004).

Dalam parameter kadar air nantinya akan didapatkan berat jamur yang diinginkan agar kadar air yang didapatkan sesuai dengan tingkat kadar air yang disarankan yaitu berkisar antara 2% hingga 8% atau sebesar 4% dari berat total sampel. Gambar 6.2 menunjukkan struktur fisik jamur yang masih basah dan jamur yang telah kering. Terlihat bahwa jamur yang kering jelas memiliki massa yang lebih ringan karena adanya penyusutan kadar air.

## C. Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke aUno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial. Gambar 2 menunjukkan Arduino Uno.



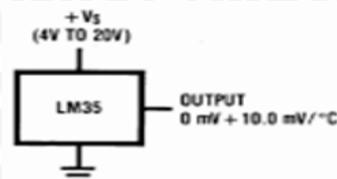
Gambar 2. Arduino Uno

Nama “Uno” berarti satu dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino. Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya.

## D. Sensor Suhu LM35

LM 35 sebagai sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk Integrated Circuit (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linear terhadap perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai pengubah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar 10 mV /°C yang berarti bahwa kenaikan suhu 1° C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mV. IC LM 35 ini tidak memerlukan pengkalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celsius pada temperature ruang. Sensor ini digunakan karena memiliki Jangkauan mulai dari – 55°C sampai dengan 150°C, IC LM35 penggunaannya sangat mudah, difungsikan sebagai kontrol dari indicator tampilan catu daya terbelah. IC LM 35 dapat dialiri arus 60 µ A dari supply sehingga panas yang ditimbulkan sendiri sangat rendah kurang dari 0 ° C di dalam suhu ruangan.

Untuk mendeteksi suhu digunakan sebuah sensor suhu LM35 yang dapat dikalibrasikan langsung dalam C (celcius). LM35 ini difungsikan sebagai sensor suhu, ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Sensor Suhu LM35

### E. Sensor Berat Load Cell

Load Cell merupakan komponen utama pada sistem timbangan digital. Bahkan tingkat ke-akurasiannya suatu timbangan digital tergantung dari jenis dan tipe Load Cell yang dipakai.

Setiap timbangan harus lulus legalisasi oleh badan Direktorat Metrologi, yaitu suatu badan yang berwenang untuk melegalisasikan atau men-sahkan timbangan melalui sistem TERA. Setiap timbangan diharuskan melakukan TERA maksimal satu tahun sekali, karena semua timbangan dalam proses pemakaiannya pada jangka waktu tertentu akan mengalami deformasi mekanis pada frame timbangan, ini akan berpengaruh terhadap tingkat ke-akurasiannya dari loadcell pada timbangan.

Load Cell merupakan sensor berat, apabila Load cell diberi beban pada inti besinya maka nilai resistansi di strain gauge akan berubah. Umumnya Load cell terdiri dari 4 buah kabel, dimana dua kabel sebagai eksitasi dan dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran. Adapun bentuk fisik dari sensor load cell ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Fisik Sensor Load Cell

Load Cell adalah alat *electromekanik* yang biasa disebut Transducer, yaitu gaya yang bekerja berdasarkan prinsip deformasi sebuah material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja, kemudian merubah gaya mekanis menjadi sinyal listrik. Untuk menentukan tegangan mekanis didasarkan pada hasil penemuan Robert Hooke, bahwa hubungan antara tegangan mekanis dan deformasi yang diakibatkan disebut regangan. Regangan ini terjadi pada lapisan kulit dari material sehingga memungkinkan untuk diukur menggunakan sensor regangan atau Strain Gauge.

### F. Pemanas Heater

*Electrical Heating Element* (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan type dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan.

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

### G. Kontroler

Sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Di samping kestabilan

mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolak ukur kualitas kestabilan sistem dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan (Ogata K.,1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespons *input*, dan bagaimana peredaman terhadap adanya lonjakan (*over shoot*).

Suatu sistem dikatakan stabil jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady state* di mana *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil jika *output*nya berosilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka *output* sistem ketika diberi suatu *input*, tidak dapat mengikuti *input* secara serentak, tapi menunjukkan respons transien berupa suatu osilasi teredam sebelum mencapai *steady state*.

Dalam sistem pengendalian terdapat 2 macam *loop*:

1. Pengendalian dengan *loop* terbuka  
Sistem kontrol *loop* terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kontrol *loop* terbuka, keluaran tidak diukur atau diumpan balik untuk dibandingkan dengan masukan.
2. Pengendalian dengan *loop* tertutup  
Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem kontrol yang keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Disebut juga sistem kontrol yang menggunakan umpan balik untuk memperkecil kesalahan sistem.

### H. Logika Fuzzy

Sistem *fuzzy* ditemukan pertama kali oleh Prof. Lotfi Zadeh pada pertengahan tahun 1965. Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dalam penalaran dengan logika *fuzzy* tersebut. Sistem ini diciptakan karena Boolean *logic* tidak memberikan ketelitian yang tinggi, hanya mempunyai logika 0 dan 1 saja. Sehingga untuk membuat sistem yang mempunyai ketelitian yang tinggi, maka kita dapat menggunakan Boolean *logic* (Fauziah, 2009).

Teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari himpunan klasik (*crisp*). Pada himpunan klasik (*crisp*), nilai keanggotaan suatu ( $x$ ) dalam suatu himpunan ( $A$ ), sering dikenal dengan derajat keanggotaan, dinotasikan dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan (Fauziah, 2009) :

1. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
2. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

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

a. Variabel *fuzzy*

Variable *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperature, permintaan, dan sebagainya.

b. Himpunan *fuzzy*

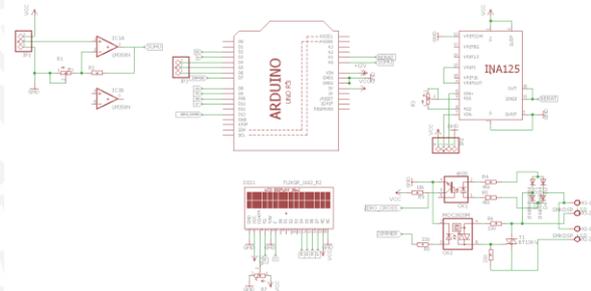
Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

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*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan.



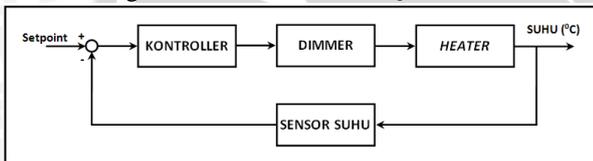
Gambar 7. Rangkaian Sistem Keseluruhan

III. PERANCANGAN

Perancangan dalam pembuatan skripsi ini bertujuan untuk merancang beberapa perangkat maupun alat secara keseluruhan. Perancangan perangkat tersebut meliputi perancangan perangkat keras maupun perancangan perangkat lunak.

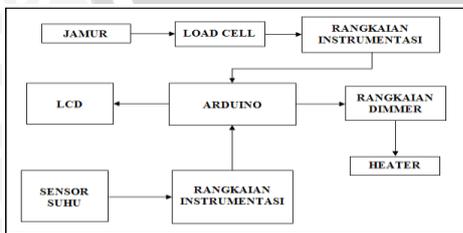
A. Diagram Blok Sistem

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana. Gambar 5. Diagram Blok Controller



Gambar 5. Diagram Blok Controller

Setpoint masukan berupa nilai suhu yang diberikan oleh user. Nilai setpoint akan disimpan didalam arduino uno. Nilai error yaitu deviasi antara pembacaan aktual suhu dari sensor suhu LM35 dan nilai setpoint. Nilai - nilai tersebut akan dikalkulasikan dan diolah oleh arduino uno. Diagram blok sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 6.



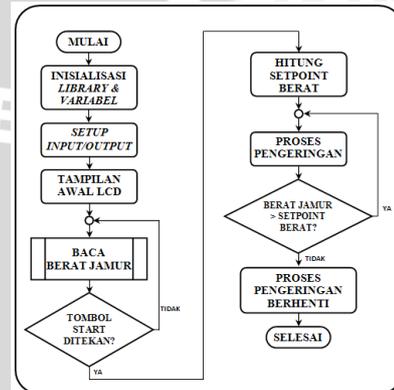
Gambar 6. Diagram Blok Sistem

B. Perancangan Rangkaian Sistem Keseluruhan

Perancangan rangkaian sistem keseluruhan bertujuan agar sistem dapat berjalan sinkron dengan fungsi masing-masing komponen. Yang pada akhirnya sistem dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan. Adapun rangkaian sistem keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 7.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini menggunakan compiler arduino.ide. Sebelum menulis program pada arduino, terlebih dahulu dilakukan perancangan flowchart sistem. Adapun flowchart sistem ditunjukkan dalam Gambar 8.

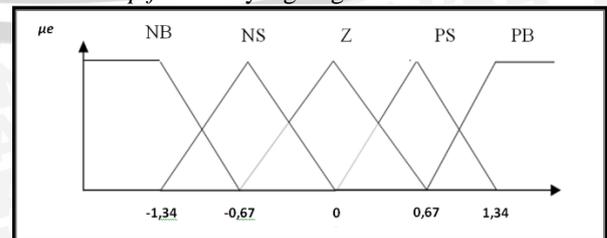


Gambar 8. Flowchart Perangkat Lunak Sistem

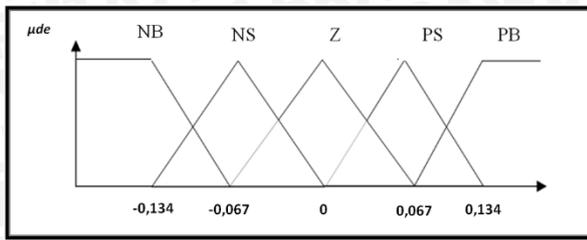
D. Perancangan Sistem Kontrol Logika Fuzzy Fungsi Keanggotaan Masukan

Fungsi keanggotaan dari error dan delta error terdiri dari lima label, yaitu *Negative Big* (NB), *Negative Small* (NS), *Zero* (Z), *Positive Small* (PS), *Positive Big* (PB). Error adalah nilai set point dikurangi nilai sebenarnya, sedangkan delta error didapat dari error nilai kecepatan sekarang dikurangi dengan error nilai kecepatan yang sebelumnya. Data masukan dari fungsi keanggotaan didapat dari nilai suhu yang dikeluarkan oleh sensor suhu LM35.

Label masing-masing fungsi keanggotaan masukan berjumlah 5 dengan tujuan agar rule yang dihasilkan semakin banyak. Semakin banyak rule maka semakin banyak juga kemungkinan kondisi yang tercipta untuk mencapai keluaran yang diinginkan. Penentuan besarnya fungsi keanggotaan error dilakukan dengan perhitungan toleransi error 2% dari set point yang ditentukan, sedangkan untuk fungsi keanggotaan delta error ditentukan dari 10% fungsi keanggotaan error. Berikut Gambar 9 dan 10 yang merupakan membership function yang di gunakan:



Gambar 9 Fungsi Keanggotaan Masukan Error

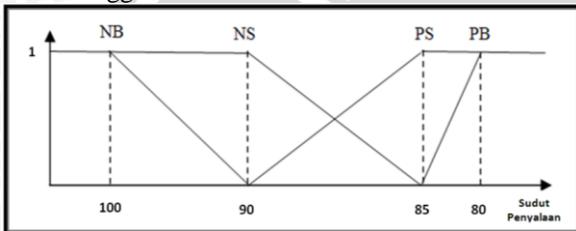


Gambar 10 Fungsi Keanggotaan Masukan Delta Error

### Fungsi Keanggotaan Keluaran

Fungsi keanggotaan keluaran heater merupakan representasi suhu penegeringan jamur dan besarnya nilai penyalan rangkaian dimmer yang dikeluarkan oleh Arduino berupa hasil dari perhitungan Metode defuzzifikasi *Weighted Average* yang telah dibulatkan oleh integer di dalam pemrograman. Pemilihan defuzzifikasi sebagai penentu keluaran dipilih dengan alasan agar mempercepat eksekusi program dan kapasitas program yang ditulis tidak melebihi kapasitas memori dari Arduino sebesar 32 kilobyte.

Sudut penyalan yang dikeluarkan oleh arduino antara  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  dengan kecepatan. Dalam pemrograman sudut penyalan yang terpakai antara 80-100, dengan 80 untuk kecepatan terendah dan 100 untuk suhu tertinggi.



Gambar 11 Fungsi Keanggotaan Keluaran Suhu

### Keterangan:

- NB : *Negatif Big*
- NS : *Negatif Small*
- PS : *Positif Small*
- PB : *Positif Big*

### Perancangan Aturan Fuzzy

*Rule* (aturan) fuzzy digunakan sebagai penentu keluaran dari fuzzifikasi yang akan diolah dalam proses defuzzifikasi, dengan jumlah rule 25 macam. *Rule* tersebut didapat

Tabel 1 Aturan Fuzzy

e de	NB	NS	Z	PS	PB
NB	PB	PB	PB	PS	PS
NS	PB	PB	PS	NS	NS
Z	PB	PS	NS	NS	NB
PS	PS	PS	NS	NB	NB
PB	PS	NS	NS	NB	NB

### 4.5.5 Metode Inferensi Min-Max

Untuk mengetahui metode ini pada sistem, perlu melakukan beberapa perhitungan pembuktian metode min-max pada sistem. Pengujian hanya dilakukan pada *set point* tertentu sebagai perwakilan atas keseluruhan sistem. Berikut hasil perhitungan dan Tabel 2 *set point* dan keluaran yang dihasilkan.

Sample ke-	Setpoint	Keluaran
1000	67	67,3
1001	67	67,5
1002	67	67,4
1003	67	67,3
1004	67	67,6
1005	67	67,5

Tabel 2 *set point* dan keluaran

## IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini meliputi catu daya, driver motor L298N, PI controller *symmetrical optimum*, PI controller cascade *symmetrical optimum* dan *pole placement*.

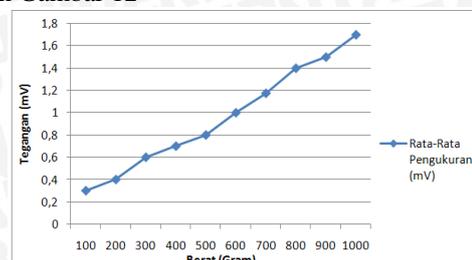
### A. Pengujian Load Cell

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui hasil pengukuran berat dari sebuah benda dalam sebuah respon perubahan benda dengan cara mengukur tegangan yang dihasilkan oleh *Load Cell* sebelum dan setelah dikuatkan dalam proses pengukuran. Hasil pengujian sensor *load cell* ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Load Cell

N o.	Berat (Gram)	Tegangan Pengukuran (mV)				Rata-Rata Pengukuran (mV)
		1	2	3	4	
1	100	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
2	200	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
3	300	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
4	400	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
5	500	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
6	600	1	1	1	1	1
7	700	1,2	1,2	1,1	1,2	1,175
8	800	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
9	900	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
10	1000	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Grafik hasil pengujian sensor load cell ditunjukkan dalam Gambar 12



**Gambar 12. Grafik Tegangan Keluaran Terhadap Berat Pada Sensor Load Cell**

Berdasarkan hasil pengujian sensor berat *load cell* didapatkan hasil pengujian karakteristik sensor yang mendekati linier antara tegangan keluaran sensor berat dengan nilai berat yang diukur dalam satuan gram.

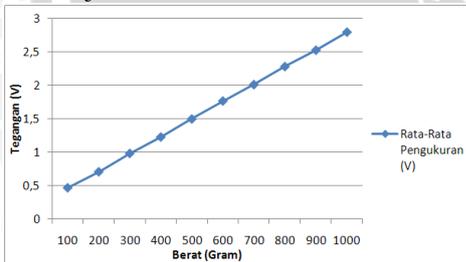
**B. Pengujian Penguat Instrumentasi INA125**

Tujuan pengujian penguat instrumentasi INA125 adalah untuk mengetahui hasil tegangan output dari Penguat instrumentasi INA125 yang digunakan untuk mengukur berat dari sebuah benda. Hasil pengujian penguat instrumentasi INA125 ditunjukkan dalam Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Penguat Instrumentasi INA125**

No.	Berat (Gram)	Tegangan Pengukuran (V)				Rata-Rata Pengukuran (V)
		1	2	3	4	
1	100	0,46	0,5	0,46	0,46	0,47
2	200	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
3	300	0,98	1	0,98	0,98	0,985
4	400	1,24	1,2	1,24	1,24	1,23
5	500	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
6	600	1,76	1,8	1,76	1,76	1,77
7	700	2,02	2	2,02	2,02	2,015
8	800	2,28	2,3	2,28	2,28	2,285
9	900	2,54	2,5	2,54	2,54	2,53
10	1000	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8

Grafik hasil pengujian penguat instrumentasi INA125 ditunjukkan dalam Gambar 13.



**Gambar 13. Grafik Tegangan Keluaran Terhadap Berat Pada Penguat Instrumentasi INA125**

Berdasarkan hasil pengujian penguat instrumentasi INA125 didapatkan grafik pengujian yang linier antara tegangan keluaran sensor berat dengan nilai berat yang diukur dalam satuan gram.

**C. Pengujian Sensor Suhu LM35**

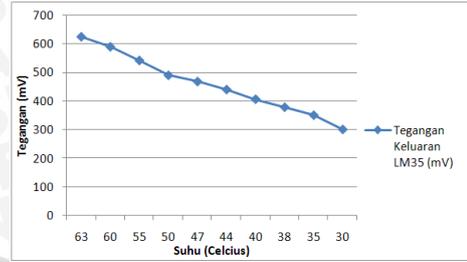
Pengujian sensor suhu bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari sensor suhu LM35 ketika melakukan proses pembacaan dan pengukuran suhu. Hasil pengujian sensor suhu LM35 ditunjukkan dalam Tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35**

No.	Suhu Termometer (°C)	Tegangan Keluaran LM35 (mV)
1	63	625
2	60	590
3	55	542
4	50	490
5	47	468
6	44	440
7	40	406

8	38	378
9	35	350
10	30	300

Grafik hasil pengujian sensor suhu LM35 ditunjukkan dalam Gambar 14



**Gambar 14. Grafik Tegangan Keluaran Terhadap Suhu Pada Sensor Suhu LM35**

Berdasarkan hasil pengujian sensor suhu yang ditunjukkan dalam Tabel 3 dan Gambar 10 dapat diketahui bahwa sensor suhu dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Hal ini dapat dilihat dari tegangan keluaran sensor suhu yang berubah sesuai dengan perubahan suhu. Grafik karakteristik sensor suhu LM35 mempunyai tren grafik linier.

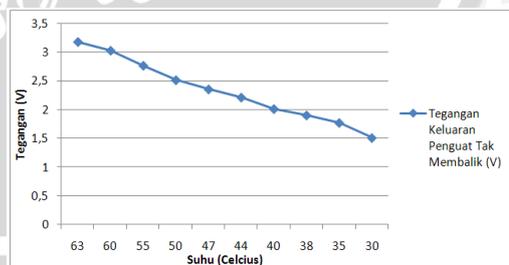
**D. Pengujian Sensor Suhu Dengan Penguat Tak Membalik**

Tujuan dari pengujian sensor suhu dengan penguat tak membalik adalah untuk mengetahui tegangan keluaran rangkaian penguat tak membalik ketika sensor digunakan untuk membaca suhu. Tegangan keluaran rangkaian penguat tak membalik akan dibaca oleh arduino uno. Hasil pengujian penguat tak membalik ditunjukkan dalam Tabel 6.

**Tabel 6. Hasil Pengujian Rangkaian Penguat Tak Membalik**

No.	Suhu Termometer (°C)	Tegangan Keluaran Penguat Tak Membalik (V)
1	63	3,17
2	60	3,02
3	55	2,76
4	50	2,51
5	47	2,35
6	44	2,21
7	40	2,01
8	38	1,9
9	35	1,77
10	30	1,51

Grafik hasil pengujian sensor suhu LM35 ditunjukkan dalam Gambar 15.

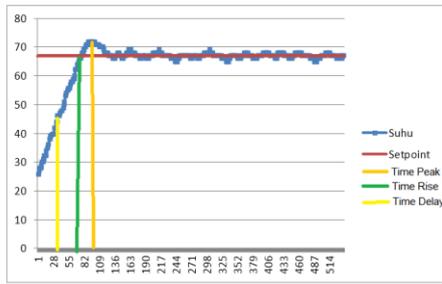


**Gambar 15. Grafik Tegangan Terhadap Suhu Pada Rangkaian Penguat Tak Membalik**

Berdasarkan hasil pengujian rangkaian penguat tak membalik yang ditunjukkan dalam Tabel 6 dan Gambar 15 dapat diketahui bahwa rangkaian penguat tak membalik dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Hal ini dapat dilihat dari tegangan keluaran rangkaian penguat tak membalik yang berubah sesuai dengan perubahan suhu. Grafik karakteristik sensor suhu LM35 mempunyai tren grafik linier.

### E. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengetahui karakteristik respon dari plan yang dikontrol. Pada penelitian ini respon plan yang dikontrol adalah suhu pemanasan pada proses pengeringan jamur tiram. Setpoint suhu pada proses pengeringan adalah 67<sup>o</sup> C. Hasil pengujian keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 16



Gambar 12. Grafik Suhu Terhadap Waktu

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan system yang ditunjukkan dalam Gambar 16 dapat diketahui bahwa respon suhu pada plan pengeringan jamur tiram sudah dapat steady di setpoint. didapatkan parameter pengontrolan sebagai berikut:

- Time Delay = 38 Menit.
- Time Rise = 77 Menit
- Time Peak = 90 Menit

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Sistem pengendalian suhu menggunakan metode fuzzy pada proses pengeringan jamur tiram menggunakan metode *fuzzy logic*, dengan setpoint sebesar 67<sup>o</sup>C, menggunakan *sample* jamur seberat 500gram.
2. Pada pengujian keseluruhan proses selesai dalam jangka waktu 9 jam dengan parameter control Time Delay = 38 Menit, Time Rise = 77 Menit, Time Peak = 90 Menit.

### B. Saran

1. Menggunakan heater lebih dari satu untuk mempercepat proses penaikan suhu ruangan.
2. Menggunakan metode lain sebagai perbandingan dari hasil pengujian menggunakan metode fuzzy.
3. Selain mengatur suhu, juga dianjurkan mengatur aliran udara yang diharapkan dapat memperbaiki kualitas jamur hasil pengeringan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Eger, G.; Eden, G.; Wissig, E. (1976): *Pleurotus ostreatus — breeding potential of a new cultivated mushroom*. Theor. Appl. Genetics. **47**, 155–163.
- [2] Fatimah, Yumi. 2006. *Pengeringan Jamur Tiram (Pleurotus Ostreatus) Menggunakan Oven Gelombang Mikro(Microwave Oven)*. Repositort Institut Pertanian Bogor. Bogor
- [3] Henderson, D.R. and R.L. Perry. 1976. *Agricultural Process Engineering*. AVI.Pub.Co. Inc.Connecticut.
- [4] Thomas Andrew Black. 1968. *Hydraulic Load Cell Lysimeter, Construction, Calibration, Tests*

and Measurement of Evaporation and Drainage. University of Wisconsin Madison.

- [5] Ihsan, Fathul. 2009. *Alat Pengukur Suhu dengan Output Suara Berbasis Mikrokontroler ARMEGA8535*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang