

## PERANCANGAN SISTEM KENDALI SUHU PADA MESIN PENGERING HYBRID MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*

*Design of Temperature Control System on Hybrid Drying Machine using Fuzzy Logic Method*

Oleh :

**Dhimas Satria<sup>1</sup>, Erny Listijorini<sup>1</sup>, Muhammad Ramdhan Nurghodan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
E-mail: dhimas@untirta.ac.id

### ABSTRACT

*Food security is condition related to food supply sufficient in quantity and quality, safety, diversity, nutritious content, equitability and affordability. Post harvest handling of paddy is a very strategic effort in order to support the increase of rice production and food security. Drying is an activity on post harvest that aimed to reduce water content. Various type of paddy's drying machine has been constructed to enhance drying process. However, most drying machine constructed in large dimension and operated using fossil fuel. To overcome these problems, hybrid technology is proposed, i.e. grain-drying machine using combination of solar and biomass energy. This machine is equipped with fuzzy logic control system using microcontroller Arduino Mega 2560 R3 as fan velocity control center based on reading of sensor HT11 that able to detect temperature and humidity in drying room also sensor K Type thermocouple Max6675 that detect temperature in combustion chamber and heat exchanger. This research aimed to support continuity of drying process in order to determine each sensor's period to achieve their setting point. Based on 90 minutes trial period, the result show maximum temperature reduction 2,17% (wet basis), maximum temperature 50°C, setting point for temperature (45°C) achieved in 60 minutes, minimum humidity 18%, and setting point for humidity achieved in 30 minutes.*

*Keywords: food security, hybrid drying machine, fuzzy logic*

### ABSTRAK

Ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata dan terjangkau. Penanganan pasca panen padi merupakan upaya sangat strategis dalam rangka mendukung peningkatan produksi padi dan ketahanan pangan. Pengeringan merupakan salah satu kegiatan pascapanen yang bertujuan menurunkan kadar air. Sudah terdapat banyak mesin pengering padi yang telah dibuat guna mempercepat proses pengeringan. Namun masih banyak mesin pengering yang berukuran besar serta menggunakan bahan bakar fosil. Dengan adanya kemajuan teknologi sekarang ini, maka dibuatlah mesin pengering gabah yang menggabungkan dua unsur energi pemanas alternatif (*hybrid*) dengan menggabungkan antara energi surya dan energi biomassa. Dilengkapi dengan sistem kendali fuzzy logic yang dapat memetakan antara nol dan satu. Mikrokontroler Arduino Mega2560 R3 sebagai pusat kendali kecepatan kipas berdasarkan pembacaan sensor dan sensor SHT11 *Temperature & Humidity* untuk mendeteksi suhu dan kelembaban di ruang pengering serta sensor *K Type Thermocouple Max6675* sebagai pendeteksi suhu di ruang pembakaran dan heat exchanger. Penelitian ini dimaksudkan untuk membantu proses pengeringan agar tetap kontinyu mengetahui lama waktu untuk mencapai setting point masing-masing sensor. Berdasarkan pengujian yang dilakukan selama 90 menit diperoleh diantaranya penurunan kadar air maksimal yaitu 2,17% (basis basah), suhu maksimum 50°C, Setting Point (45°C) suhu tercapai di menit ke 60, Kelembaban minimum 18%, *Setting Point* kelembaban tercapai di menit ke 30.

Kata kunci: ketahanan pangan, mesin pengering *hybrid*, *fuzzy logic*

## PENDAHULUAN

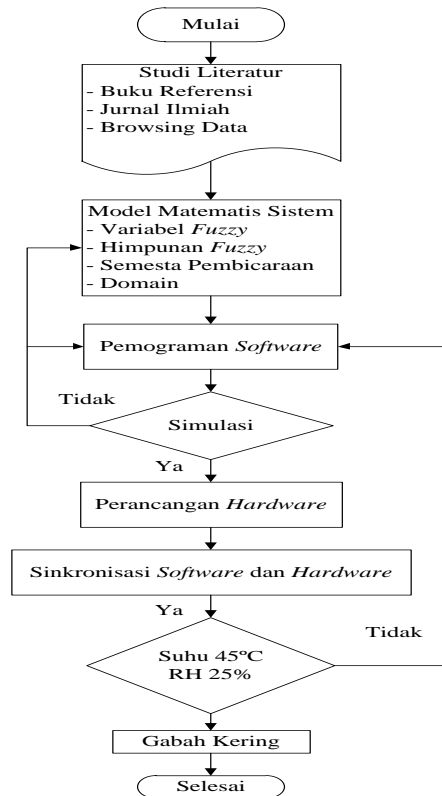
Pangan merupakan segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan, dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang digunakan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia. Sementara itu ketahanan pangan didefinisikan sebagai kondisi terpenuhinya pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau. (Anonim, 2012)

Padi merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban dan sumber makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia. Penanganan pasca panen padi merupakan upaya sangat strategis dalam rangka mendukung peningkatan produksi padi dan ketahanan pangan. Kontribusi penanganan pasca panen terhadap peningkatan produksi padi dapat tercermin dari penurunan kehilangan hasil dan tercapainya mutu gabah/beras sesuai persyaratan mutu. Pengeringan akan semakin cepat apabila ada pemanasan, perluasan permukaan gabah padi dan aliran udara. Pengeringan merupakan salah satu kegiatan pasca panen yang bertujuan menurunkan kadar air.

Dengan adanya kemajuan teknologi sekarang ini, maka dibuatlah mesin pengering gabah yang menggabungkan dua unsur energi pemanas alternatif (*hybrid*) dengan menggabungkan antara energi surya dan energi biomassa. Dengan ditambahkannya sistem kendali berbasis *fuzzy logic* yang dapat memetakan pengaturan antara 0 dan 1 para petani dapat memonitoring dan mengatur kelembaban serta temperatur yang ideal pada pengeringan gabah tersebut. Untuk mendeteksi suhu dan kelembaban maka diperlukannya sensor suhu dan kelembaban. Pada perancangan ini menggunakan sensor SHT11 *Temperature & Humidity* sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban di ruang pengering dan sensor *K Type Thermocouple* Max6675 sebagai pendeteksi suhu di ruang pembakaran dan *heat exchanger*. Untuk menghasilkan energi panas yang digunakan untuk mengeringkan dapat diperoleh dari hasil pembakaran biomassa atau pun terik sinar matahari.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tahapan Penelitian



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur dengan mencari sumber dari buku referensi, jurnal ilmiah dan *browsing* data. Kemudian mencari model matematis sistem, pemrograman, simulasi, perancangan *hardware*, sinkronisasi *software* dan *hardware*, pengujian, pengolahan data dan selesai

### Model Matematis Sistem

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

- Variabel *Fuzzy*, dalam perancangan ini variabel tersebut adalah suhu dan kelembaban.
- Himpunan *Fuzzy*, dalam perancangan ini variabel suhu terbagi menjadi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: Hangat (H), Panas (P) dan Sangat Panas (SP). Dan untuk variabel kelembaban terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu: Sangat Lembab (SL), Lembab (L), dan Tidak Lembab (TL).
- Semesta Pembicaraan, dalam perancangan ini semesta pembicaraan untuk variabel suhu ialah [-15 15] dan untuk variabel kelembaban ialah [-3 3]

d. Domain, dalam perancangan ini domain untuk variabel suhu dan kelembaban.

**Pemrograman Software**

Pemrograman *Software* pada mikrokontroler Arduino Mega2560 R3 terdiri dari beberapa bagian yaitu perancangan program *Fuzzy Logic Controller* pengambilan masukan *keypad*, pengiriman data ke LCD. Pemrograman dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE. Dengan menggunakan aplikasi ini kita dapat dengan mudah memasukan logika pemrograman ke mikrokontroler Arduino Mega 2560 R3 untuk memberi perintah kepada perangkat keras sesuai yang kita inginkan berdasarkan pembacaan sensor

a. Perancangan *Fuzzy Logic Controller*  
 Dari penempatan kondisi posisi lima keanggotaan keadaan sebelum stabil, *input error (e)* dan *delta error (Δe)* dipetakan dalam bentuk aturan *Fuzzy* seperti pada tabel 1.

**Tabel 1.** Matriks Aturan *Fuzzy*

Output, U	Error, E		
	H	P	SP
<i>Delta</i>	SL	S1	S2
<i>Error,</i>	L	S2	S3
dE	TL	S2	S3

Keterangan :

S1 = Sangat Lembab, L = Lembab dan TL = Tidak Lembab. H = Hangat, P = Panas dan SP = Sangat Panas. S1 = *Speed 1*, S2 = *Speed 2* dan S3 = *Speed 3*.

Sistem kendali yang dibangun menggunakan *fuzzy logic controller* yang dirancang dengan menggunakan Metode Mamdani sistem perancangan pengendalian suhu dan kelembaban menggunakan dua buah input yang masuk ke dalam pengendali *fuzzy* yaitu *error* dan *delta error*. Kemudian variabel *output* yang akan dihasilkan dari pengendali *fuzzy* adalah  $U(t)$  (Argo dkk, 2004), dalam sistem yang dirancang ini pengendali dibangun secara terpisah antara pengendali suhu dan kelembaban dikarenakan masing-masing memiliki parameter yang berbeda.

b. Perancangan Program Pada Mikrokontroler Fungsi sebagai prosesor atau pengendali sistem. Rangkaian mikrokontroler akan mengatur keseluruhan proses yang ada pada sistem, sebagai prosesor. Mikrokontroler

memberikan instruksi bagia setiap rangkaian ataupun elemen yang ada di dalam sistem.

c. Tampilan LCD 16x2

Tampilan LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan data selama proses pengendalian berlangsung. Untuk menjalankan LCD 16x2 diperlukan inisialisasi awal dengan perintah `#include <LiquidCrystal_I2C.h>`. Untuk menggunakan dan membaca sensor tersebut diperlukan beberapa langkah. Jalur untuk mengakses SHT11 melalui dua kabel yaitu untuk data LCD (DATA) dan *clock* LCD (SCK), pada penelitian ini DATA dihubungkan pada pin SDA dan SCK dihubungkan pada SCL. Untuk meletakkan posisi karakter pada kolom ke-x dan baris ke-y digunakan perintah `lcd.setCursor(x,y)`. Untuk menghapus tulisan pada LCD digunakan perintah `lcd_clear()`.

d. Pembacaan SHT11

Sensor suhu dan kelembaban (SHT11) merupakan sensor yang memiliki keluaran digital yang sudah terkalibrasi (Paralax, 2003). Untuk menggunakan dan membaca sensor tersebut diperlukan beberapa langkah. Jalur untuk mengakses SHT11 melalui dua kabel yaitu untuk data SHT (DATA) dan *clock* SHT (SCK), pada penelitian ini DATA dihubungkan pada pin 44 dengan perintah `#define dataPin 44` untuk menginisiasi pin data dan SCK dihubungkan pada 42 dengan perintah `#define clockPin 42` untuk menginisiasi pin serial clock.

e. Pembacaan *K Type Thermocouple Max6675*

Untuk menggunakan dan membaca sensor tersebut diperlukan beberapa langkah. Untuk menginisiasi sensor tersebut digunakan perintah `#include "max6675.h"`. Jalur untuk mengakses sensor *K Type Thermocouple Max6675* melalui tiga kabel yaitu untuk *serial output* (SO), *chips select* (CS) dan *serial clock* (SCK). Pada perancangan ini menggunakan 2 buah sensor *K Type Thermocouple Max6675* sehingga perlu dilakukannya inisiasi pada masing-masing sensor. Untuk Sensor *K Type Thermocouple Max6675* yang pertama, dilakukan inisiasi pin sebagai berikut: `int ktcSa0 = 29; int ktcCS0 = 31; int ktcCLK0 = 33; MAX6675 ktc0(ktcCLK0, ktcCS0,`

ktcSa0). Sedangkan untuk sensor K Type Thermocouple Max6675 yang kedua dilakukan inisiasi pin sebagai berikut: int ktcSO1 = 23; int ktcCS1 = 25; int ktcCLK1 = 27; MAX6675 ktc1(ktcCLK1, ktcCS1, ktcSO1);

f. Pembacaan Relay

Relay digunakan untuk switch on atau switch off satu rangkaian. Dalam perancangan ini fungsi relay sebagai switch on dan switch off rangkaian pembagi kecepatan putar kipas. Terdapat tiga kipas yang digunakan dalam perancangan ini sehingga memerlukan 9 relay untuk menjalankan sistem sesuai dengan kendali yang diinginkan.

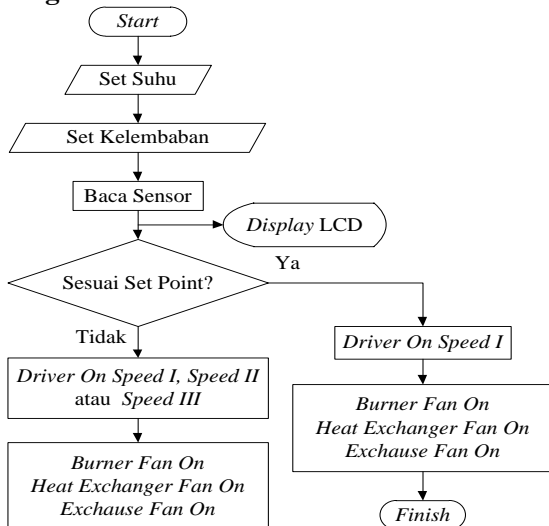
g. Pembacaan Push Botton

Dalam perancangan ini push botton berfungsi untuk mempermudah dalam memberikan nilai setting point suhu dan kelembaban. Dengan demikian perancangan ini menggunakan 4 push botton.

**Simulasi**

Pada perancangan ini simulasi aturan fuzzy logic dilakukan untuk melihat bentuk grafik dan rule base dalam fuzzy logic. Dengan adanya simulasi kita dapat menghemat kerugian yang terjadi dalam perancangan hardware karena program dan rangkaian yang telah dirancang telah benar-benar sempurna.

**Perancangan Perangkat Keras  
Diagram Blok Sistem**

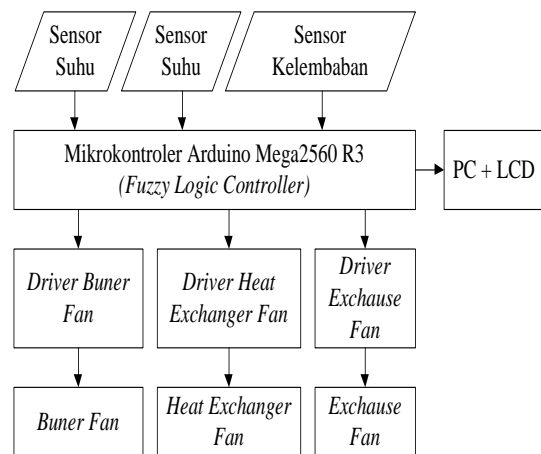


**Gambar 2.** Diagram Alir Sistem

Fuzzy Logic Controller digunakan untuk mengendalikan suhu dan kelembaban, dengan menggunakan program fuzzy logic toolbox. Program ini dihubungkan pada computer dengan komunikasi serial. Sensor suhu (MAX6675) akan mengukur panas Heat Exchanger. Burning Fan akan mempercepat atau memperlambat pembakaran biomassa sesuai dengan kebutuhan dari tungku pembakaran ke Heat Exchanger. Sensor suhu (SHT11) akan mengukur suhu ruang pengering. Heat Exchanger Fan akan mempercepat atau memperlambat perambatan panas sesuai kebutuhan dari Heat Exchanger ke dalam ruang pengering dengan sistem perambatan panas secara konveksi melalui udara. Sensor kelembaban (SHT11) akan mengukur tingkat kelembaban ruang pengering. Exchause Fan akan mempercepat atau memperlambat pembuangan udara panas yang terdapat di ruang pengering sesuai kebutuhan.

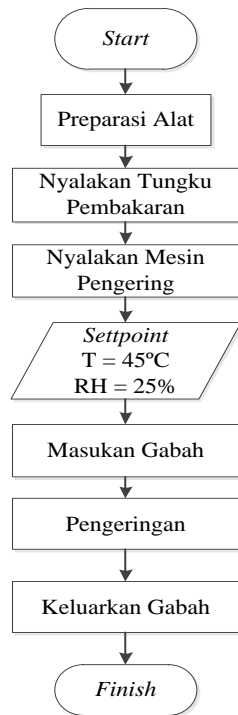
Dalam perancangan ini, Burning Fan, Heat Exchanger Fan dan Exchause Fan dikontrol dengan menggunakan metode Fuzzy Logic Controller menggunakan mikrokontroler Arduino Mega2560 R3. Apabila disambungkan ke PC mikontroler akan mengirimkan seluruh data hasil pengukuran ke komputer. PC sebagai pengontrol. LCD dan PC sebagai display agarazfd y agarsetiap saat kondisi sistem selalu terpantau.

Blok diagram dari sistem pengontrolan ini dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram Blok Sistem

**HASIL DAN PEMBAHASAN**



**Gambar 4.** Diagram Alir Prosedur Pengujian

**Data Pengujian Gabah Sebelum dan Sesudah Pengeringan**

**Tabel 2.** Data Pengukuran Gabah Sebelum dan Sesudah Pengeringan

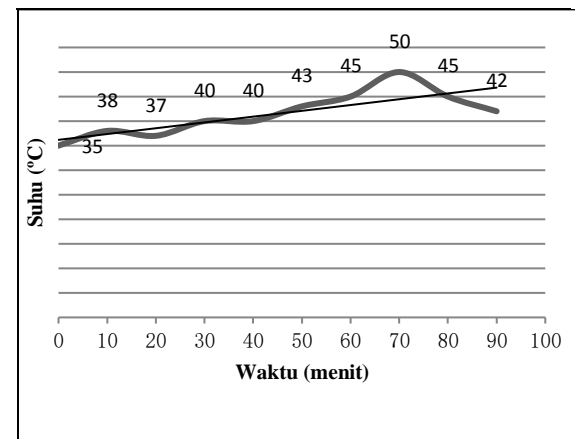
Waktu (menit)	Berat Gabah Awal (kg)	Berat Gabah Pengeringan (kg)	Penurunan Kadar Air (%)
0	10,0	10,0	0,00
30	10,0	9,4	6,00
60	9,4	9,2	2,12
90	9,2	9,0	2,17

Dalam percobaan kali ini belum terlihat penyusutan kadar air yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh tidak tersirkulasinya pengeringan karena *hooper* mampet.

**Data Hasil Pengukuran Sensor Suhu dan Sensor Kelembaban**

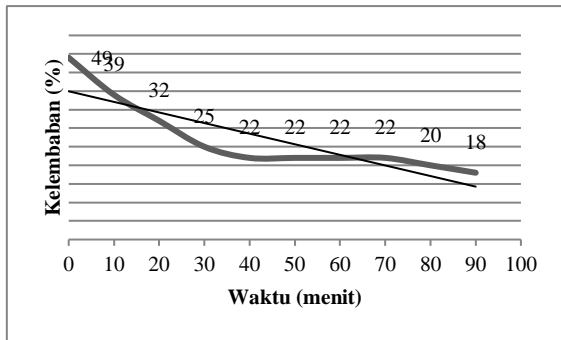
**Tabel 3.** Data Hasil Pengukuran Sensor SHT11 dan K Type Thermocouple Max6675

Waktu (menit)	T (°C)	RH (%)	T1, HE (°C)	T2, Tungku (°C)
0	35	49	93	224
10	38	39	116	279
20	37	32	134	323
30	40	25	126	229
40	40	22	118	160
50	43	22	129	180
60	45	22	159	227
70	50	22	170	236
80	45	20	133	194
90	42	18	101	185



**Gambar 5.** Perubahan Suhu Terhadap Waktu

Pada grafik pada gambar 5 menunjukkan proses perubahan suhu ruang pengering terhadap waktu pengeringan. Suhu proses pengeringan hasil pengujian yaitu antara 35-50 °C. Suhu konstan terjadi di menit 30-40 dan *setting point* dapat tercapai selama 60 menit. Namun pada pengujian yang dilakukan mengalami *overheat* mencapai suhu 50 °C dan pada menit ke 90 pengujian selesai dengan suhu akhir 42 °C.



**Gambar 6.** Grafik Perubahan RH Terhadap Waktu

Pada grafik gambar 6 menunjukkan proses perubahan kelembaban ruang pengering terhadap waktu pengeringan. Kelembaban proses pengeringan hasil pengujian yaitu antara 18-49%. Kelembaban konstan terjadi di menit 40-70 dan *setting point* dapat tercapai selama 30 menit. Namun pada pengujian yang dilakukan melampaui *setting point* yaitu mencapai nilai 18% pada saat pengujian berakhir.

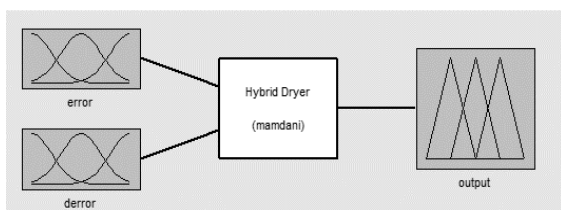
Berdasarkan data pengukuran terjadi perubahan suhu dan kelembaban secara berfluktuasi. Hal ini disebabkan karena :

1. Pada saat biomassa habis terjadi penurunan suhu di tungku pembakaran. Sehingga suhu di *heat exchanger* pun ikut menurun.
2. Saluran sirkulasi pengering tidak berjalan sebagai mestinya. Dikarenakan *hooper* yang tersendat. Sehingga tidak terjadinya pengeringan yang merata.
3. Pada saat ditengah percobaan salah satu dinding akrilik rusak/terbuka. Hal ini terjadi karena tekanan didalam ruang pengering terlalu besar.

Terdapat satu saluran keluar udara panas dengan ukuran yang kecil sehingga memperlambat proses pengeringan karena udara tidak tersirkulasi sempurna.

**Hasil Simulasi Software**

Penggunaan *Fuzzy Logic Controller* diperlukan tahapan agar *output* yang dikehendaki sesuai dengan *input* dan sesuai dengan tujuan pemrograman.



**Gambar 7.** Simulasi *Fuzzy Logic Controller*

**Fungsi Keanggotaan Input**

Fungsi keanggotaan pada sistem menggunakan segitiga *full system* yaitu SL, L, dan TL. H, P dan SP. Agar memperoleh karakteristik *transfer* yang linear naik dan linear turun digunakan 3 (tiga) linguistik.

**Fungsi Keanggotaan Output**

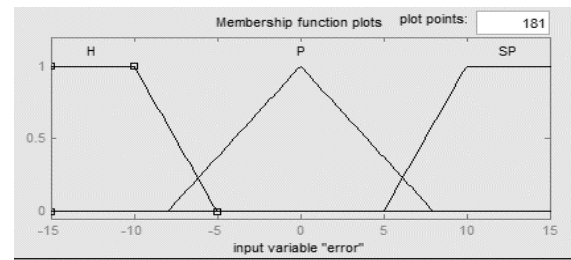
Fungsi keanggotaan pada sistem menggunakan segitiga *full system* yaitu S1, S2 dan S3. Agar memperoleh karakteristik *transfer* yang linear naik dan linear turun digunakan 3 (tiga) linguistik.

**Fuzzyfication**

Pada proses ini terdapat 2 (dua) variabel *input* dan satu variabel *output* yang akan dipetakan, yaitu:

a. Variabel *Input Error (e)*

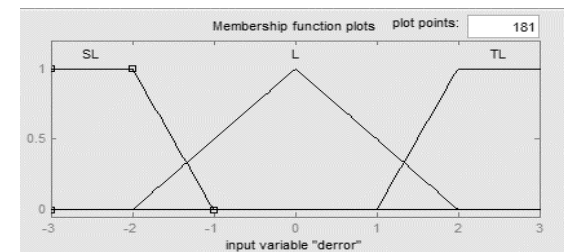
Nilai numerik *input* proses variabel di-*set* -15 sampai dengan +15. Maka, nilai variabel *input error, e* adalah ±15.



**Gambar 8.** Variabel *Input Error*

b. Variabel *Input Change in Error (de)*

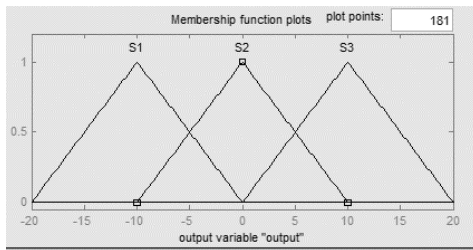
Dengan mempertimbangkan agar diperoleh *tracking* yang halus, maka nilai variabel *input change in error, de* di-*set* pada nilai ±3.



**Gambar 9.** Variabel *Input Change in Error*

c. Variabel *Output (U)*

*Set point output Fuzzy Logic Controller* ditentukan pada nilai  $U = 0$ , yaitu pada saat  $e = 0$  dan  $de = 0$ . Variasi nilai *output, U*  $U_{min} = -1$  dan  $U_{max} = 1$ .



Gambar 10. Variabel Output

d. *Defuzzyfication*

Metode *defuzzyfication* yang digunakan adalah *Mean of Maximum (MOM)*. Analisa yang dilakukan untuk sampel uji dengan nilai *output* tertentu dapat ditentukan fungsi keanggotaan dan nilai  $e=0, de=0$ .

**Konsumsi Energi Listrik**

Konsumsi energi listrik dihitung berdasarkan beban total yang terinstalasi dalam sistem. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$\text{Biaya} = \text{daya motor} \times \frac{\text{jam}}{\text{siklus pengeringan}} \times \frac{\text{Biaya}}{\text{kW.jam}}$$

Dalam perancangan mesin pengering tipe *hybrid* ini menggunakan 3 kipas dan 1 *blower* serta 1 *control panel*.

Daya Burning Fan	: 25 Watt
Daya Heat Exchanger	: 24 Watt
Daya Exchause Fan	: 21 Watt
Daya Blower	: 37 Watt
Daya Control Panel	: 12 Watt
Daya Total	: 119 Watt

$$\text{Biaya} = 0,119 \text{ kW} \times \frac{1,5 \text{ jam}}{\text{siklus}} \times \frac{\text{Rp.1.352,-}}{\text{kW.jam}} = \text{Rp.241.332,-}$$

Dengan menggunakan biaya berdasarkan Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (*Tariff Adjustment*) dari PLN bulan Agustus 2015, senilai Rp.1.352,- untuk golongan rumah tangga (mak 1300W), dan estimasi pengeringan selama 1,5 jam, dengan berat gabah 10 kg maka perhitungan adalah sebagai berikut:

**KESIMPULAN**

Berdasarkan pengujian yang dilakukan selama 90 menit diperoleh penurunan kadar air maksimal yaitu 2,17% (basis basah), suhu maksimum 50°C, *Setting Point* (45°C) suhu tercapai di menit ke 60, Kelembaban minimum 18%, *Setting Point* kelembaban tercapai di menit ke 30.

**DAFTAR PUSTAKA**

Anonim. 2012. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012 Tentang Pangan

Argo Bambang Dwi, Cicik Rahayu..2004.. Model Simulasi Pengendalian Suhu Udara Pada Mesin Pengering Cabe Dengan Menggunakan Kontrol Logika *Fuzzy*, Jurnal Teknik Pertanian Vol. 5. No. 3: 156-172. UNIBRAW.

Paralax. 2003. Sensirion SHT11 Sensor Module.