JREEC
JOURNAL RENEWABLE ENERGY ELECTRONICS AND CONTROL
homepage URL : https://ejurnal.itats.ac.id/jreec

Penerapan Fuzzy Untuk Sistem Pemanas Alat Pembuat Garam Secara Elektrik

Abdul Wajid[1], Wahyu Setyo Pambudi[2] dan Wildan Agung Pambudi[3]

[1,2]Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

INFORMASI ARTIKEL

Jurnal JREEC – Volume 03
Nomer 02 Oktober 2023

Halaman:
1 – 9
Tanggal Terbit :
30 Oktober 2023

DOI:
10.31284/j.JREEC.2023.
V31i2.4475

ABSTRACT

Indonesia is a tropical country having two seasons, dry season and rainy season. The seasons are very influential towards salt production and this gives impacts salt-producing farmers. Salt is one of the farm products which is very susceptible to high rainfall. Considering this, it is necessary to produce salt electrically so it will not be affected by the seasons. For this reason, this research aims to apply a temperature control system with a fuzzy electrical salt-making machine utilizing Atmega 8535 microcontroller. The test results indicated that by applying a fuzzy system, the temperature could be controlled to a level of 59°C - 62°C. The process of salt production in an electrical way would take 8 hours, with an initial weight of 1000 grams becoming 561 grams. The process of producing salt electrically would shorten the time by hours when compared with producing it naturally.

Keywords: *Heating System, Salty Water boiling system, Fuzzy logic, Atmega 8535*

EMAIL

wajidaji21@gmail.com
wildanpambudi.wp@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia ialah negara tropis dengan dua macam musim, yaitu kemarau dan penghujan. Musim sangat mempengaruhi perkembangan garam yang berdampak pada pertanian Indonesia khususnya petani garam. Garam merupakan salah satu produk pertanian yang mudah mengalami masalah akibat hujan deras. Oleh karena itu, garam harus diproduksi secara elektrik, yang tidak bergantung pada iklim. Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan masalah tersebut dengan sistem kontrol suhu fuzzy pada mesin penghasil garam listrik menggunakan mikrokontroler ATmega 8535. Berdasarkan pengujian, sistem kabut dapat mengatur suhu antara 59°C hingga 62°C. Proses pembuatan garam elektronik membutuhkan waktu 8 jam untuk berubah menjadi garam dan berat awalnya 1000 gram menjadi 561 gram. Proses produksi garam elektronik dapat mempersingkat 64 jam dibandingkan dengan garam alami.

Kata kunci*: Sistem Pemanas, Sistem Perebusan Garam/Air Laut, Fuzzy logic, Mikrokontroler ATMEGA 8535.*

PENERBIT

Jurusan Teknik Elektro-ITATS
Alamat:
Jl. Arief Rachman Hakim
No.100,Surabaya 60117,
Telp/Fax: 031-5997244

Jurnal JREEC of The Department of Electrical Engineering's JREEC Legal Entity is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Licence.

PENDAHULUAN

Garam merupakan salah satu kebutuhan sehari-hari yang sangat penting dan merupakan sumber elektrolit dalam tubuh manusia. Garam dengan tambahan yodium biasanya dijual di pasaran. Di Indonesia meskipun merupakan negara kepulauan, sentra produksi garam masih terkonsentrasi di Jawa dan Madura, sentra produksi garam Jawa terletak di Pantai Utara (Pantura) dan sedikit di jalur Pantai Selatan. Khusus di daerah bagian Jawa Tengah terdapat sentra garam di Rembang, Pati,

Demak, Jepara dan Brebesi, jalur selatan terdapat penghasil garam di Grobogan yang lebih dikenal dengan garam non tambak.

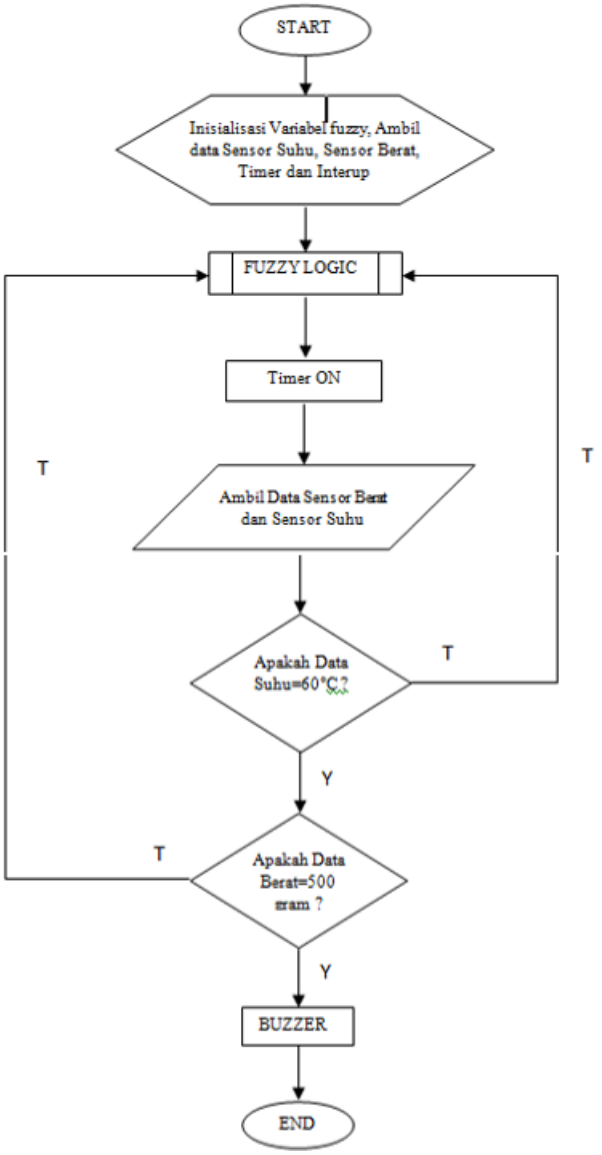
Secara umum penguapan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pemanasan konvensional dan pemanasan buatan. Sebagian besar petani menggunakan alat pemanas tradisional. Namun sistem tradisional ini memiliki kelemahan yaitu pada saat hujan pekerja dikerahkan semaksimal mungkin agar hujan tidak mempengaruhi air laut. Dari situlah lahir ide alat **"*Penerapan Fuzzy Untuk Sistem Pemanas Pada Alat Pembuatan Garam Secara Elektrik*"**. Keunggulan sistem tersebut antara lain proses kristalisasi garam yang tidak tergantung musim.

METODE PENELITIAN

Desain Mekanik

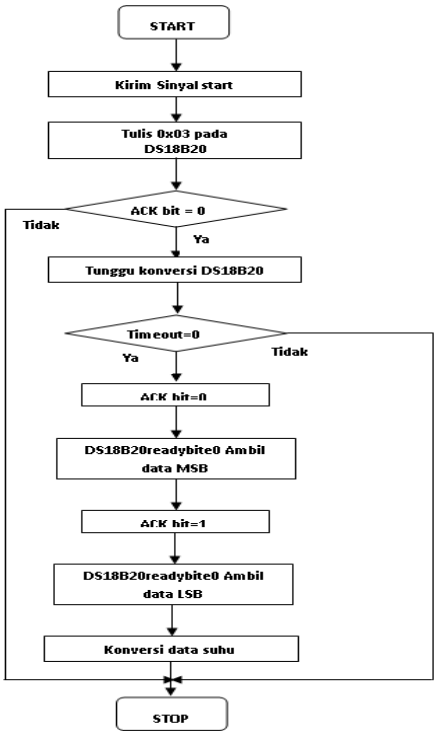
Dalam proyek mekanis ini kita akan membahas pembangunan sistem pembuatan garam. Pada dasarnya alat ini dirancang agar pemanasan dapat dilakukan kapan saja, tidak tergantung sinar matahari, dan juga diharapkan alat ini dapat mempercepat waktu pemanasan. Produksi mekanik terdiri dari beberapa tahapan, yaitu Pembuatan Box Pemanas dan Panel Elektrik dan Pembuatan Loyang

Algoritma Sistem



Gambar 1. *Flowchart* Algoritma Sistem Pembuatan Garam

Algoritma Pembacaan Sensor Suhu DS18B20



Gambar 2. Algoritma pembacaan suhu DS18B20

Algoritma Logika Fuzzy

Prosedur pembuatan algoritma logika fuzzy dibagi menjadi tiga step, yaitu Fuzzification, Fuzzy Inference, dan Defuzzification. Fuzzification merupakan pembentukan persamaan-persamaan *input membership function* yang digunakan untuk mengubah nilai *crisp* menjadi nilai fuzzy. Proses Fuzzification dilakukan pada nilai Error, Derror, dan PWM Heater. *Fuzzy Inference* berisi rule base dari penalaran yang diperoleh dengan menggunakan logika-logika untuk menentukan aksi control yang diinginkan. Keluaran dari *Fuzzy Inference* merupakan agregasi masing-masing nilai Error dan Derror dari nilai derajat keanggotaan Fuzzy. Defuzzification digunakan untuk mengubah PWM dalam nilai Fuzzy menjadi nilai *Crisp*. Defuzzification menggunakan metode *Takagi Sugeno.*

Komponen fuzifikasi ini berfungsi memetakan clear input ke dalam himpunan fuzzy menjadi nilai fuzzy dari beberapa variabel linguistik. Dengan menerima nilai input Fuzzifikasi dari pembacaan suhu sensor DS-18B20 sebelum menjadi input fuzzy, suhu sensor DS-18B20 dihitung dengan variabel error. Kesalahan itu sendiri diperoleh dari Persamaan (1) dan (2) berikut:

$$\boldsymbol{Error = Set\ Point - Suhu\ Sensor} \quad (1)$$

$$\boldsymbol{D_{Error} = Error - Error(t-1)} \quad (2)$$

Dengan delay untuk sampling error dan delta error adalah 1 detik. Mempertimbangkan respons sistem, waktu pengambilan sampel 1 detik digunakan, yang cukup cepat karena sistem ini berskala kecil. Untuk variabel keluaran, rentang nilai sinyal kontrol (U) adalah [-12, +12].Dengan mengacu pada aturan kurva linier segitiga dari *Membership Function* Error dan Derror maka Persamaannya adalah :

$$Negatif\ Besar(NB):\mu(x) = \begin{cases} 0;\ x > -6 \\ \dfrac{-12-x}{-6};\ -6 < x \leq 12 \\ 1; x \leq -12 \end{cases} \qquad Negatif\ Sedang\ (NS):\mu(x) = \begin{cases} 0; x < 0 \\ \dfrac{x-(-6)}{-6};\ -12 \leq x < -6 \\ \dfrac{(-6)-x}{-6};\ -6 \leq x < 0 \\ 0; x \geq -12 \end{cases}$$

$$Zero\ (Z): \mu(x) = \begin{cases} 0; x < 6 \\ \frac{x-(-6)}{6};\ -6 \le x < 0 \\ \frac{6-x}{6};\ 0 \le x < 6 \\ 0; x \ge -6 \end{cases}$$

$$Positif sedang(PS): \mu(x) = \begin{cases} 0; x < 0 \\ \frac{x-0}{6};\ 0 \le x < 6 \\ \frac{12-x}{6};\ 6 \le x < 12 \\ 0; x \ge 12 \end{cases} \qquad Positif\ Besar(PB): \mu(x) = \begin{cases} 0; x < 6 \\ \frac{x-6}{6};\ 6 \le x < 12 \\ 1; x => 12 \end{cases}$$

Fuzzy Inference / Rule Evaluasion

Inferensi ialah melakukan penalaran dengan menggunakan input fuzzy yang telah ditentukan dan aturan fuzzy untuk menghasilkan output fuzzy. Aturan evaluasi terdapat aturan linguistik untuk menentukan tindakan kontrol apa yang harus diambil sebagai respons terhadap nilai input yang diberikan. Pada mesin pengering air laut dengan menggunakan metode fuzzy logic ini terdapat dua input membersihip function yakni Error dan Derror. Karena ada 2 variabel input dan masing-masing memiliki 5 keanggota-an, maka dibuat 25 aturan fuzzy dengan keterangan kode masing-masing yaitu SD=Sangat Dingin, D=Dingin, N=Normal, P=Panas, SP=Sangat Panas.

Berdasarkan *Fuzzifikasi* yang telah dibuat:

$$\boldsymbol{Error = Zero = 0.5;\ \ Positif\ Sedang = 0.5} \qquad \boldsymbol{D_{Error} = Zero = 0.5;\ \ Positif\ Sedang = 0.5}$$

Di dapat 4 aturan *Fuzzy* yaitu

1. $Heater = Normal(0.5)$ $If\ Error = Zero(0.5)\ and\ D_{Error} = Zero(0.5)$ $Then\ PWM$
2. $Heater = Panas(0.5)$ $If\ Error = Zero(0.5) and\ D_{Error} = Positif\ Sedang\ (0.5)$ $Then\ PWM$
3. $Heater = Panas(0.5)$ $If\ Error = Positif\ Sedang(0.5)\ and\ D_{Error} = Zero(0.5)$ $Then\ PWM$
4. $Heater = Panas(0.5)$ $If\ Error = Positif\ Sedang(0.5)\ and\ D_{Error} = Zero(0.5)$ $Then\ PWM$

Dari perhitungan rule diatas maka diambil nilai yang terbesar (*Maximum)* dari *output* yang sama yaitu Normal (0.5) dan Panas (0.5). Persamaan matematis dari *output* mambership *Function Heater* adalah:

$$Sangat\ Dingin: \mu(x) = \{(0(Heateroff)) \qquad Dingin: \mu(x) = \begin{cases} \frac{x-0}{20};\ 0 \le x < 20 \end{cases}$$

$$Normal: \mu(x) = \begin{cases} \frac{x-20}{30};\ 20 \le x < 50 \end{cases} \qquad Panas: \mu(x) = \begin{cases} \frac{x-50}{30};\ 50 \le x < 80 \end{cases}$$

$$Sangat\ Panas: \mu(x) = \begin{cases} \frac{x-80}{20};\ 80 \le x < 100 \end{cases}$$

Setelah mempunyai membership *function output* maka data *input* dari *rule* langsung dimasukkan pada Persamaan berikut yaitu :

$$Keluaran\ Crisp = \frac{\sum(Keluaran\ Fuzzy) \times (Posisi\ Sinleton\ Sumbu\ X)}{\sum(Keluaran\ Fuzzy)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

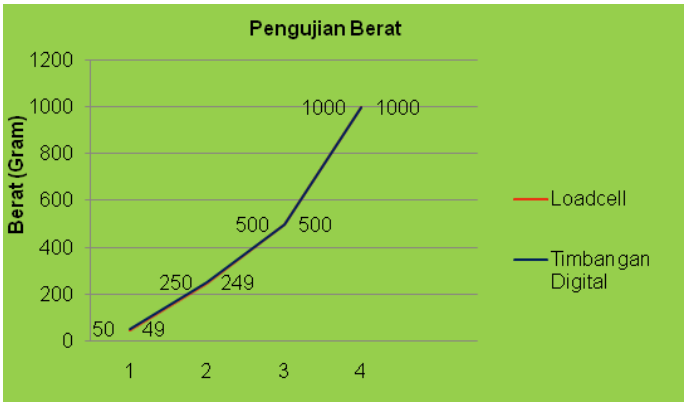
Pengujian Berat

Pengujian berat ini bertujuan sebagai perbandingan antara *load cell* dan timbangan digital yang digunakan pada proses pengeringan garam secara elektrik yang menggunakan sensor berat (*load cell*). Berikut Tabel 1 adalah hasil dari Pengujian Berat.

Tabel 1. Pengujian Berat

Load Cell (gr)	Timbangan Digital (gr)	Error	
		Relatif (%)	Mutlak (gr)
49	50	2%	1
249	250	0.4%	1
500	500	0%	0
1000	1000	0%	0

Dari hasil Tabel 1, tingkat keakurasian pengujian berat antara *load cell* dan timbangan digital dengan range pengujian 50 gram sampai 1000 gram error tidak terlalu jauh yaitu untuk pembacaan 50 gram error relatif sebesar 2 % dan error mutlak sebesar 1 gram dan pembacaan 249 gram error relatif sebesar 0,4 % dan error mutlak sebesar1 gram. Setelah hasil data tersebut diketahui Dari Tabel 1.kemudian dibuat grafik dengan membandingkan berat antara Loadcell dan Timbangan Digital. Berikut Gambar 3 adalah perbandingan beratnya, dimana dapat dilihat perbedaan pembacaan antara Load Cell dan Timbangan Digital yang terletak pada pembacaan berat 50 gr dan 250 gr.



Gambar 3. Grafik pengujian berat antara *Load Cell* dan Timbangan Digital

Pengujian Pemanasan

Pengujian pemanasan air laut bertujuan untuk menganalisa berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam proses pemanasan alami dan secara elektrik. Hasil dari penelitian berupa air laut yang telah dipanaskan menjadi garam.

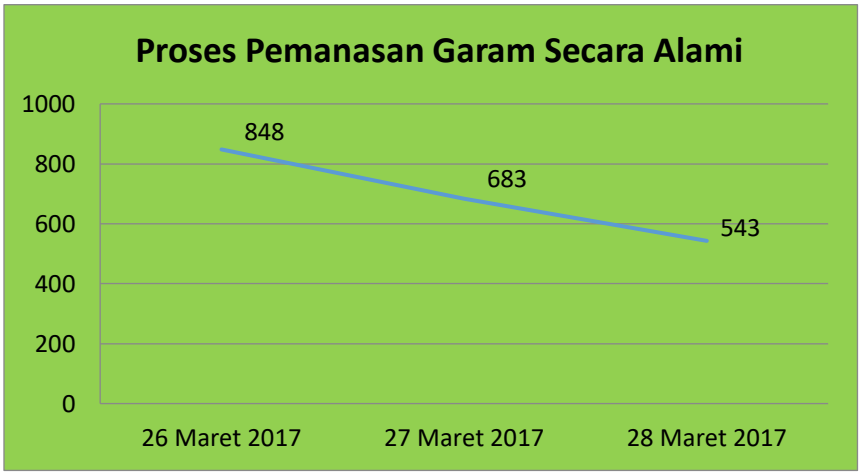
Pengujian Pemanasan Air Laut Secara Alami

Pengujian secara alami dilakukan dengan air laut yang diambil dari Madura sebesar 1000 mL=1000 gram (Bila dikonversi menjadi gram 1 mL=1 gram). Proses pemanasan dilakukan dengan cara menuangkan air laut kepetak *reservoir* dan diletakkan diatas genting rumah kemudian dibiarkan dibawah sinar matahari sampai beberapa hari. Jika terjadi turun hujan petak *reservoir* diamankan (dipindahkan) agar tidak tercampur dengan air hujan.

Tabel 2. Proses Pemanasan Air Laut Secara Alami

Tanggal	Proses Pemanasan Air Laut Secara Alami	
	Berat Awal (gr)	Berat Setelah Proses Pemanasan (gr)
26 Maret 2017	1000	848
27 Maret 2017		683
28 Maret 2017		543

Tabel 2 menunjukkan perubahan berat dari tanggal 26 Maret hingga 28 Maret 2017. Pemanasan air laut secara alami dengan berat awal 1000 gram memerlukan waktu 3 hari untuk menjadi garam, dengan asumsi 1 hari 24 jam dan bila terjadi turun hujan petak reservoir diamankan (dipindahkan) agar tidak tercampur dengan air hujan. Penurunan berat tidak bisa linier dikarenakan pada saat proses pemanasan sangat bergantung pada kondisi cuaca. Gambar 4 berikut menunjukkan Proses pemanasan air laut secara alami.



Gambar 4. Grafik Proses pemanasan air laut secara alami

Dari Gambar 4, dapat dilihat penurunan berat setiap harinya pada tanggal 26 Maret 2017 sebesar 152 gram, 27 Maret 2017 sebesar 165 gram dan tanggal 28 Maret 2017 sebesar 140 gram. Dapat di buktikan bahwa proses pemanasan sangat bergantung pada cuaca. Jika musim hujan sudah bisa dipastikan proses pemanasan lebih lama.

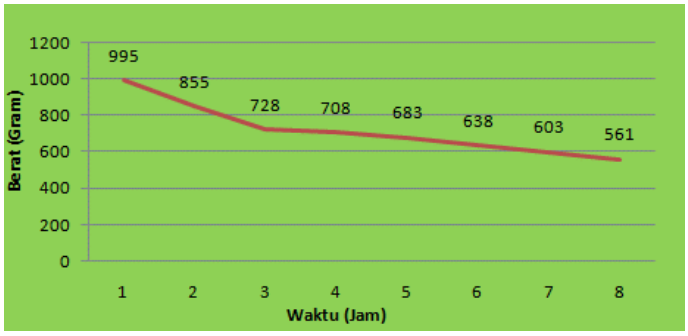
Pengujian Pemanasan Air Laut Secara Elektronik

Pengujian secara elektronik dilakukan dengan air laut 1000mL = 1000 gram. Melakukan proses pemanasan air laut dengan cara menekan tombol Start pada alat setelah itu LCD akan menampilkan display berupa suhu dan berat. Kemudian menuangkan air laut ke loyang setelah mencapai 1000gram kita tekan tombol ON *heater* akan menyala dan dibiarkan sampai proses pemanasan selesai.

Tabel 3. Proses Pemanasan Air Laut Secara Elektronik

Lama Pemanasan (Jam))	Proses Pemanasan Air Laut Secara Elektronik	
	Berat Awal (gr)	Berat Setelah Proses Pemanasan (gr)
1	1000	995
2		855
3		728
4		708
5		683
6		638
7		603
8		561

Tabel 3 menampilkan Proses Pemanasan Air Laut Secara Elektronik. Terjadi penurunan berat setiap 1 jam yang membutuhkan waktu selama 8 jam dengan berat awal 1000 gr hingga 561 gr untuk menjadi garam/salt. Setelah melakukan pendataan kita mendapatkan Grafik seperti Gambar 5 berikut

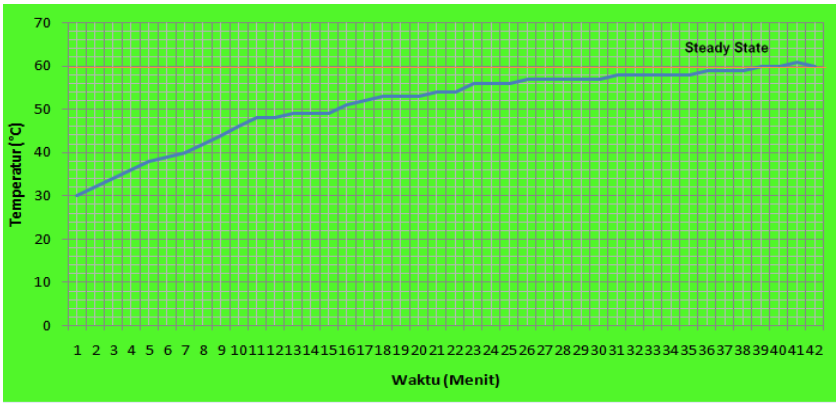


Gambar 5. Grafik Proses pemanasan secara elektrik

Dari Gambar 5 dapat dilihat penurunan berat mulai dari1 jam sampai 8 jam tidak linier dengan pembuktian penurunan berat pada 1 jam sampai 3 jam sangat drastis dengan penurunan berat sampai 140 gram hingga 127 gram sedangkan pada jam ke 4 hingga jam ke 8 mulai mendekati linier.

Pengujian Respon Kenaikan Suhu Hingga Kondisi Steady State

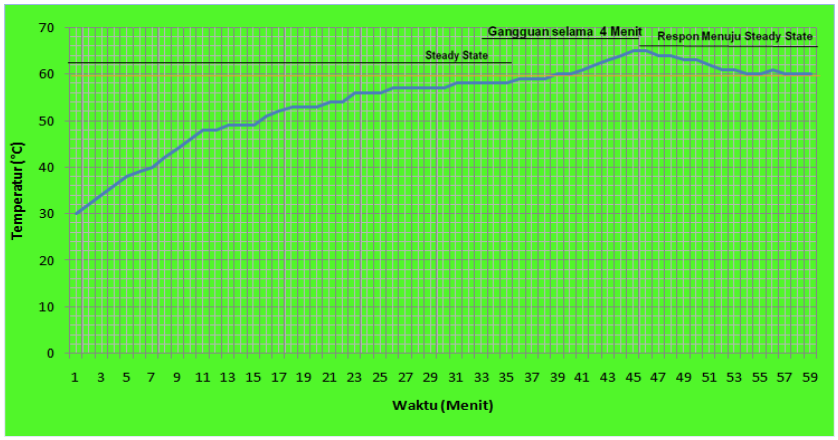
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon kenaikan suhu setiap menit hingga saat kondisi stabil (Steady State) dengan suhu Set Point antara 59℃ sampai 62℃. Gambar 6 berikut menampilkan Grafik Respon kenaikan suhu hingga kondisi Steady State. Kenaikan ini memerlukan waktu 41 menit, dikarenakan proses pemanasan air laut membutuhkan kisaran waktu tersebut.



Gambar 6. Grafik Respon Kenaikan Suhu Hingga Kondisi Steady State

Pengujian Terhadap Gangguan (Disturbance)

Pengujian gangguan sistem dilakukan pada kondisi steady state (konstan). Kemudian diuji dengan gangguan negative, dalam arti suhu naik di atas set point, dan juga diuji dengan gangguan positif, yaitu suhu dibawah set point. Gambar 7 berikut menampilkan Grafik Respon yang diperoleh dari beberapa pengujian.



Gambar 7. Skema Respon Sistem Terhadap Gangguan Error Negatif

Dari Gambar 7, diagram menunjukkan saat mencoba mengacaukan sistem dengan meningkatakan titik pasang (nilai set point) dengan memberikan energi termal (panas) tambahan dari sirkuit peredupan atau dimmer selama 4 menit, meningkatkan suhu hingga 65℃. Setelah rangkaian dimmer diambil dari pemanas air laut. Kemudian sistem kembali ke kondisi stabil (steady state) membutuhkan waktu selama 8 menit dan suhu menjadi 60℃.

Pengujian Driver Heater

Pengukuran tegangan keluaran Driver Heater sebagai Catu Daya pada Heater dilakukan dengan memasukkan nilai PWM 8bit mulai dari 0-255 yang dikendalikan dari mikrokontroller. Tabel 4 berikut menampilkan hasil pengukuran dari Driver Heater. Hasil pengujian Driver Heater dengan range 8 bit mulai dari 0-255, menunjukkan range tegangan heater 39 Volt AC hingga 214 Volt AC. Oleh karena itu driver heater yang dibuat dapat digunakan sebagai pengontrol suhu.

Tabel 4. Hasil Pengujian Driver Heater

Data Input (Biner Desimal)	Tegangan (Volt AC)	Data Input (Biner Desimal)	Tegangan (Volt AC)	Data Input (Biner Desimal)	Tegangan (Volt AC)
10	39	100	104	190	170
20	46	110	111	200	178
30	54	120	120	210	186
40	62	130	128	220	194
50	68	140	134	230	201
60	77	150	142	240	208
70	82	160	149	250	214
80	90	170	155	-	-
90	98	180	164	-	-

Pengujian Daya Listrik

Pengujian Daya Listrik ini dimaksudkan untuk mengetahui jumlah Daya Listrik pada penerapan sistem Fuzzy untuk sistem pemanas secara elektrik Alat Pembuatan Garam. Tabel 5 berikut menampilkan hasil pengukuran Daya Listrik dengan tahanan dalam heater sebesar 142 Ω. Dapat dilihat pada waktu pengangkatan Daya Listrik dari suhu 30℃- 45℃ memerlukan daya sebesar 332 Watt dan pada saat sudah mencapai steady state dengan suhu 60℃ memerlukan daya 93 Watt.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Daya Listrik

Suhu (Celsius)	Nilai PWM Heater	Tegangan Heater (Volt AC)	Daya Listrik (Watt)
30	255	217	332
35	255	217	332
40	255	217	332
45	255	217	332
50	236	205	296
55	194	174	213
60	116	115	93

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan penerapan sistem fuzzy pada sistem pemanas penghasil garam secara elektrik, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan. Penerepan sistem fuzzy pada sistem pemanas produsen garam secara elektrik mampu mengontrol suhu antara 59℃ sampai 62℃. Pemanasan secara alami membutuhkan waktu selama 3 hari dengan berat awal 1000 gram menjadi 543 gram dengan cara pemanasan dilakukan dibawah sinar matahari dan bila terjadi hujan turun petak reservoir diamankan (dipindahkan) agar tidak tercampur dengan air hujan. Pemanasan secara elektronik dilakukan dengan berat 1000 gram dan Dibutuhkan waktu 8 jam untuk membentuk garam seberat 561 gram. Dapat disimpulkan bahwa proses pemanasan secara alami waktu penjemurannya tergantung pada musim. Jika proses pemanasan secara elektronik memiliki beberapa keunggulan

proses pengkristalan garam tidak bergantung lagi pada musim dan proses pengkristalan garam dapat berlangsung lebih setabil.

Grafik respon kenaikan suhu sampai kondisi *steady state* membutuhkan waktu selama 41 menit, dikarenakan proses pemanasan air laut membutuhkan suhu 59℃ sampai 62℃. Pengujian gangguan negative dengan memberikan energi panas tambahan dari rangkaian dimmer selama 4 menit sehingga suhu menjadi 65℃. Setelah rangkaian dimmer diambil dari pemanas air laut. Maka sistem kembali pada kondisi *steady state* membutuhkan waktu selama 8 menit dan suhu menjadi 60℃. Sedangkan untuk gangguan positif dengan membuka tutup alat pemanas air laut selama 4 menit sehingga suhu menjadi 57℃. Setelah pintu pemanas air laut di tutup maka sistem kembali pada kondisi *steady state* membutuhkan waktu selama 10 menit dan suhu menjadi 60℃.

Hasil pengujian driver *heater* dengan range 8bit mulai dari 0 - 255. Menunjukkan range tegangan *heater* 39 Vac sampai 214 Vac yang digunakan untuk pengontrol suhu. Dapat dilihat pada waktu pengangkatan daya listrik mulai suhu30℃- 45℃ memerlukan daya listrik sebesar 332 watt dan pada saat sudah mencapai *steady state* dengan suhu 60℃ memerlukan daya 93 watt.

DAFTAR PUSTAKA

[1] "Sistem kendali cerdas : Fuzzy Logic Controller (FLC), Jaringan Syaraf Tiruan (JST), Algoritma Genetik (AG) dan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) / Dwi Ana Ratna Wati | OPAC Perpustakaan Nasional RI." https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=538570 (accessed Jan. 26, 2023).
[2] "Aplikasi logika fuzzy : untuk pendukung keputusan / Sri Kusumadewi, Hari Purnomo | OPAC Perpustakaan Nasional RI." https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=46856 (accessed Jan. 26, 2023).
[3] "DS18B20 - Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer".
[4] I. K. D. J. P. K. K. dan Pemasaran;, *Pemberdayaan Garam Rakyat*. KKP-Direktorat Jenderal Peningkatan Kapasitas Kelembagaan dan Pemasaran, 2003. Accessed: Jan. 26, 2023. [Online]. Available: //perpustakaan.kkp.go.id%2Fknowledgerepository%2Findex.php%3Fp%3Dshow_detail%26id%3D12705%26keywords%3Dpemberdayaan+garam+rakyat
[5] M. Tooley, "Rangkaian elektronik : prinsip dan aplikasi=Electronics circuits," *Universitas Indonesia Library*, 2003. https://lib.ui.ac.id (accessed Jan. 26, 2023).
[6] K. Aris, "Pedoman Garam," *Dirjen KP3K, Kementrian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, Jakarta*, 2011.
[7] Sarjani, "Cuaca dan Penguapan Kumba," *Jember*, 2011.