METROTECH
Journal of Mechanical and Electrical Technology
Vol. 03 No. 02, Mei 2024, E-ISSN 2809-9605 | P-ISSN 2827-8097

Kontrol Suhu Untuk Inkubasi Yoghurt Menggunakan Metode Fuzzy Skala UMKM

Fanisa Putri Rakhmadanty[1*], Gillang Al-Azhar[2], Imam Saukani[3]
[1,2,3]Politeknik Negeri Malang, Malang
[*]Penulis Korespondensi, email: fanisap224@gmail.com

Received:12/07/2024 *Revised:01/08/2024* *Accepted:04/08/2024*

Abstract. *Incubation is an important process in making yoghurt, in this process a stable temperature is used to keep the bacteria growing so that it can provide a sour taste. With an incubation temperature range between 42°C to 45°C for 4 hours produces good yoghurt quality. By using the DS18B20 temperature sensor as input and will be processed by the Arduino Nano microcontroller, then the MG966R servo as output to regulate the size of the fire generated by the stove. The media used in yoghurt incubation is a stainless-steel pan which is useful so that bacteria can still develop and still maintain the quality of yoghurt. The results of this study indicate that the Sugeno fuzzy method is good at maintaining the temperature in the incubator according to the range specified in the fuzzy membership function. With the output in the form of servo rotation degrees based on defuzzification so that the yoghurt produced has met the partner's standards, starting from viscosity or viscosity and taste.*

Keywords: *Yoghurt incubation, Sugeno Fuzzy, DS18B20, and MG996R servo*

Abstrak. Inkubasi merupakan proses penting dalam pembuatan yoghurt, pada proses ini suhu yang stabil digunakan untuk menjaga bakteri agar tetap berkembang sehingga dapat memberikan rasa asam. Dengan range suhu inkubasi antara 42°C sampai 45°C selama 4 jam menghasilkan kualitas yoghurt yang baik. Dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 sebagai input dan akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Nano, lalu servo MG966R sebagai output untuk mengatur besar kecilnya api yang dihasilkan oleh kompor. Media yang digunakan dalam inkubasi yoghurt ini adalah panci *stainless steel* yang berguna agar bakteri tetap bisa berkembang dan tetap menjaga kualitas dari yoghurt. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode fuzzy sugeno baik dalam menjaga suhu pada inkubator sesuai dengan range yang telah ditentukan pada fungsi keanggotaan fuzzy. Dengan output berupa derajat putaran servo berdasarkan defuzzifikasi sehingga yoghurt yang dihasilkan telah memenuhi standar mitra, mulai dari viskositas atau kekentalan dan rasa.

Kata Kunci: Inkubasi yoghurt, Fuzzy Sugeno, DS18B20, dan Servo MG996R

I. PENDAHULUAN

Makanan dan minuman dikatakan sehat menurut WHO *(World Health Organization)* dapat dilihat dari kecukupan kalori, protein, gizi, vitamin, dan mineral. Pada era digital ini, semakin banyak informasi mengenai makanan dan minuman yang sehat. Hal ini memberikan peluang bagi UMKM agar menghasilkan produk yang bermanfaat dengan kesehatan dengan informasi tersebut. Akan tetapi, tidak sedikit dari pelaku UMKM ini mengalami kegagalan dikarenakan kurangnya pengetahuan dalam mengelola usahanya [1].

Yoghurt merupakan minuman yang kaya akan gizi yang dibuat dari susu yang difermentasi dengan bakteri Lactobacillus Bulgaricus dan merupakan salah satu dari produk minuman probiotik atau spesies bakteri usus [2][3]. Terdapat beberapa tahapan proses produksi dari susu hingga menjadi yoghurt, salah satu yang paling utama adalah proses inkubasi untuk memelihara bakteri agar menghasilkan rasa dan kekentalan yang sesuai. Suhu optimal dari proses inkubasi adalah 42-45°C selama 3-4 jam, dimana lama waktu inkubasi ini akan mempengaruhi naiknya asam dan turunnya pH [2] [4]. Selain itu, penggunaan inkubator untuk proses inkbuasi ini juga meminimalisir angka kegagalan dalam pembuatan yoghurt. Inkubator digunakan untuk melakukan proses inkubasi pada susu dalam proses pembuatan yoghurt. Prinsip kerja inkubator yaitu mengubah energi listrik menjadi energi panas [5].

Sulitnya mengatur suhu untuk proses inkubasi tanpa adanya inkubator dialami oleh pemilik UMKM Citara, dimana UMKM ini pernah gagal

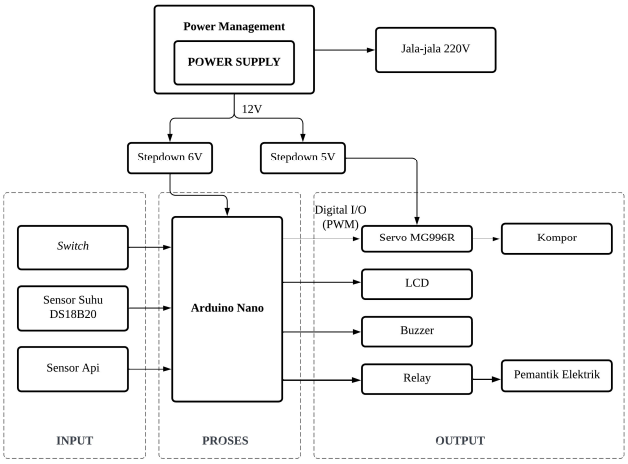
dalam proses inkubasi karena suhu ruang yang tidak sesuai dan menyebabkan kerugian. Hal ini yang membuat penulis ingin mengembangkan alat inkubasi untuk UMKM yang sebelumnya menggunakan media toples dan menggunakan suhu ruangan. Sehingga dengan adanya latar belakang tersebut penulis mengambil tema skripsi ini dengan judul "Kontrol Suhu Untuk Inkubasi Yoghurt Menggunakan Metode Fuzzy Pada UMKM Citara"

II. METODOLOGI

Pada bab ini akan melakukan pendekatan yang dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu tinjauan alat dan perancangan komponen, perancangan keseluruhan komponen, dan perancangan sistem

A. Tinjauan alat dan perancangan komponen

Untuk membuat inkubator yoghurt terdapat beberapa komponen yang akan digunakan, berikut terdapat diagram blok sistem yang akan membahas komponen yang akan digunakan:



Gambar 2.1 Diagram blok sistem

Berdasarkan gambar diatas, berikut adalah penjelasan dari setiap komponennya:

a. Switch : Switch ini berfungsi untuk menyalakan keseluruhan sistem apabila yoghurt telah dimasukkan kedalam inkubator.
b. Sensor suhu DS18B20 : Sensor suhu ini berfungsi untuk membaca suhu yang ada didalam yoghurt dimana sensor suhu ini akan diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan rumus suhu untuk bisa membaca suhu secara akurat dengan sedikit error. Alasan menggunakan komponen ini adalah berdasarkan pada penelitian yang berjudul "Implementasi Kendali Logika Fuzzy Pada Sistem Pengaturan Temperatur Proses penurun Kadar Air Susu", penelitian tersebut bertujuan untuk membuat kajian terhadap kendali fuzzy dalam merespons setpoint suhu 80°C pada proses sistem penurun persen kadar air dalam susu. Penelitian ini menggunakan sensor suhu DS18B20 sebagai input dalam proses. Dan dapat dikatakan sensor suhu DS18B20 dapat medeteksi suhu mencapai 80°C, dan dapat distablikan oleh kontrol fuzzy [6].
c. Sensor api : Sensor api atau *flame detector* berfungsi untuk mendeteksi api telah menyala atau tidak pada saat api dalam keadaan mati. Sensor api ini akan diproses oleh Arduino Nano untuk memberikan perintah mengaktifkan pemantik elektrik untuk dapat menyalakan api.
d. Arduino nano : Arduino nano berfungsi sebagai otak dari sistem ini, dimana semua akan di proses menggunakan Arduino nano agar ouput sesuai dengan yang diinginkan
e. Servo MG996R : Servo MG966R ini berfungsi untuk mengatur gas yang masuk kedalam kompornya sehingga suhu pada inkubator akan tetap terjaga. Servo ini akan dihubungkan dengan *needle valve*, dimana *valve* ini berfungsi untuk penghubung antara kompor dengan selang gas. Untuk memprogram servo ini agar presisi derajat putarannya. Maka menggunakan fungsi *Timer* pada Atmega32 yang ada pada Arduino Nano maka pada perancangan servo ini menggunkan pin D9 pada arduino nano. Berdasarkan datasheet Atmega32, pada perancangan servo menggunakan Timer1 dengan metode fast PWM dan mode non-inverting. Sehingga dapat diketahui nilai ICR1A untuk keadaan TOP dengan

menggunakan prescaler 64 bit adalah pada rumus 1 berikut:

$$f = \frac{16.000.000}{64 \times (1 + ICR)} \quad (1)$$

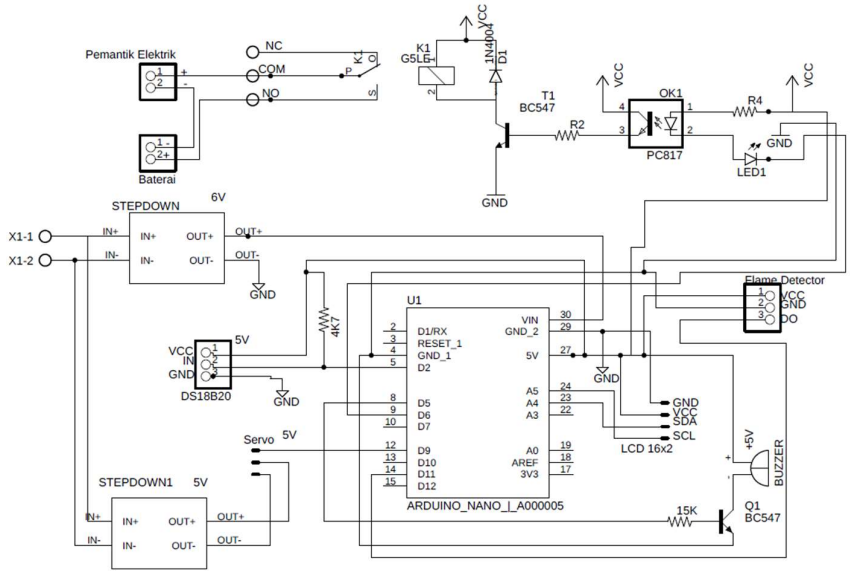
$$f = \frac{16.000.000}{64 \times (1 + ICR)}$$
$$50 = \frac{16.000.000}{64 \times (1 + ICR)}$$
$$(1 + ICR) = \frac{16.000.000}{3200}$$
$$ICR = 4999$$

Dimana ICR adalah *Input Capture Register* yang digunakan untuk menangkap nilai *timer* atau counter, ICR bekerja untuk mengukur periode sinyal PWM yang dihasilkan oleh OCR. Lalu untuk nilai OCR disesuaikan dengan putaran derajat servo yang diukur dengan penggaris busur. Untuk OCR sendiri adalah *Output Compare Register* yang berguna untuk menghasilkan nilai PWM dengan menentukan *duty cycle.*

f. Kompor : Kompor merupakan bagian keluaran dari servo, karena servo mengatur berapa banyaknya gas yang masuk ke kompor sehingga api kompor dapat di atur besar kecilnya.
g. LCD 16X2 : LCD berfungsi untuk menampilkan suhu dan lamanya proses inkubasi yang telah berjalan, LCD ini juga di proses oleh mikrokontroler sehingag dapat menampilkan sesuai dengan yang diinginkan.
h. Buzzer : berfungsi untuk alarm apabila suhu yang dideteksi oleh sensor suhu terlalu rendah ataupun terlalu tinggi.
i. Pemantik elektrik : berfungsi untuk memantikkan api pada kompor apabila suhu inkubasi melewati batas minimumnya.

B. Perancangan Keseluruhan Komponen

Setelah menntukan komponen dan memperhitugkan komponen yang akan digunakan, tahap selanjutnya adalah merangkai seluruh komponen berdasarkan *datasheet*. Berikut adalah gambar perancangan dari keseluruhan komponen:



Gambar 2.2 Rangkaian keseluruhan komponen

Pada perancangan keseluruhan ini, terdapat dua *step-down* yang dipasang pada Arduino nano dan servo MG996R. Pemasangan *step-down* pada servo ini dikarenakan pada saat keadaan *stall current* servo MG996R adalah 2,5A. Sedangkan berdasarkan *datasheet* Arduino Nano, setiap pin GPIO-nya memiliki arus maksimum sebesar 40mA. Oleh karena itu, digunakan *step-down* untuk servo sendiri agar memenuhi kebutuhan arus pada servo.

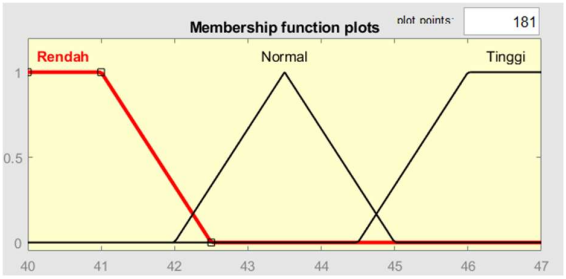
C. Perancangan Sistem

Metode kontrol suhu yang digunakan dalam inkubator ini adalah metode fuzzy sugeno. Metode

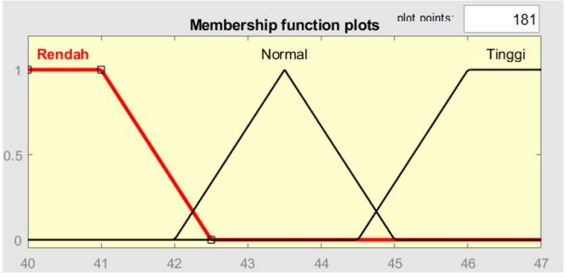
fuzzy efektif untuk mengontrol suhu karena memiliki error yang kecil serta memiliki selisih antara suhu aktual dengan *setpoint* yang sedikit dan ketika mencapai nilai *setpoint* maka *respon time* akan melamban [7]. Lothfi A. Zadeh menciptakan logika fuzzy, yang merupakan struktur matematis yang digunakan untuk memetakan sebuah variabel yang dimasukkan ke dalam proses dan menghasilkan keluaran dengan menggunakan rule IF-THEN. Dalam logika fuzzy, terdapat proses sistem inferensi fuzzy [8].

Selanjutnya pada penelitian yang membahas mengenai logika fuzzy untuk mengontrol suhu pada mesin roaster kopi, pada penelitian ini menggunakan motor servo sebagai output yang atur oleh fuzzy. Penelitian ini menghasilkan error steady state sebesar 0,52% dimana respon dari servo akan membuka sampai mencapai suhu setpoint akan mulai turun dan akan membuka kembali jika suhu mengalami penurunan. Sehingga dapat katakan respon motor servo dari kontrol fuzzy cukup baik [9].

Metode fuzzy yang digunakan adalah metode sugeno, dimana Fuzzy Sugeno ini tidak menggunakan himpunan Fuzzy dalam mengeluarkan outputnya, melainkan menggunakan persamaan linear. Berikut adalah input fungsi keanggotaan fuzzy yang digunakan dalam sistem ini:



Gambar 2.3 *Input* suhu



Gambar 2.4 *Input error*

Berdasarkan Gambar 2.3 nilai input suhu ketika normal digambarkan dengan segitiga, karena pada peneltian ini menggunakan range suhu dari 42°C sampai 45°C sehingga penggunaan input berupa segitia ini seusai dengan *range set point* yang akan digunakan. Lalu pada nilai rendah dan tinggi menggunakan input berupa trapesium, ini dikarenakan untuk memberikan batas tinggi dan rendah yang dapat disesuaikan agar output yang dihasilkan bisa stabil. Sehingga input suhu ketika suhu dari 42°C sampai 45°C sistem akan menilai normal karena sesuai dengan range yang telah dibuat. Namun ketika mencapai suhu 44,5°C sistem akan memberikan output sesuai dengan *rule base* begitupun ketika suhu mendekati nilai rendah.

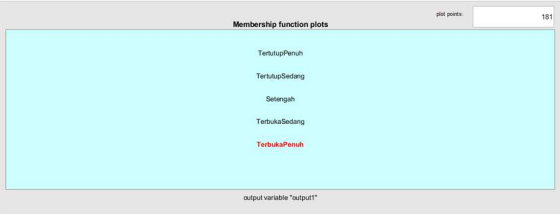
Pada perancangan ini menggunakan range input suhu dari 40 sampai 50, berikut adalah keanggotaan dari input suhu :

a) Rendah = {39; 40; 41; 42,5}
b) Normal = {42; 43,5; 45}
c) Tinggi = {44,5; 46; 47; 48}

Lalu pada input error menggunakan range -5 sampai 5, berikut adalah keanggotaan dari input error

a) Kecil = {-4; -3; -2; -0,5}
b) Sedang = {-1; 0,5; 2}
c) Besar = {1,5; 3; 4; 5}

Setelah itu, tahap kedua adalah rule base dan inferensi. 2 tahap ini biasanya membuat rule base dan akan digabungkan nilai input dan output pada proses inferensi menggunakan metode sugeno yaitu IF-THEN. Sebelum itu, perlu diketahui terlebih dahulu nilai output yang akan digunakan. Kelebihan dari metode fuzzy sugeno ini adalah nilai outputnya bisa berupa nilai crisp atau nilai tegas atau keluaran dari actuator sistem. Karena pada sistem ini aktuatornya menggunakan servo, maka output fuzzy yang akan dibuat adalah nilai dari derajat servo atau dengan kata lain outputnya tidak menggunakan variabel lingustik yaitu variabel berupa kata-kata. Berikut adalah keanggotaan dari output fuzzy:



Gambar 2.5 *Output fuzzy*

Dimana nilai output ini merupakan nilai dari OCR servo, berikut adalah nilai output dari sistem yang akan digunakan:

1. TertutupPenuh = 545
2. Tertutup Sedang = 525
3. Setengah = 480
4. TerbukaSedang = 385
5. Terbuka Penuh = 145

Ketika nilai input dan output dari fuzzy telah ditentukan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan rule base. Berikut adalah rule base dari sistem yang dibuat:

1. IF Rendah AND Kecil THEN TerbukaPenuh
2. IF Rendah AND Sedang THEN TerbukaSedang
3. IF Rendah AND Besar THEN TerbukaSedang
4. IF Normal AND Kecil THEN Setengah
5. IF Normal AND Sedang THEN TertutupSedang
6. IF Normal AND Besar THEN TertutupPenuh
7. IF Tinggi AND Kecil THEN TertutupPenuh
8. IF Tinggi AND Sedang THEN TertutupPenuh
9. IF Tinggi AND Besar THEN TertutupPenuh

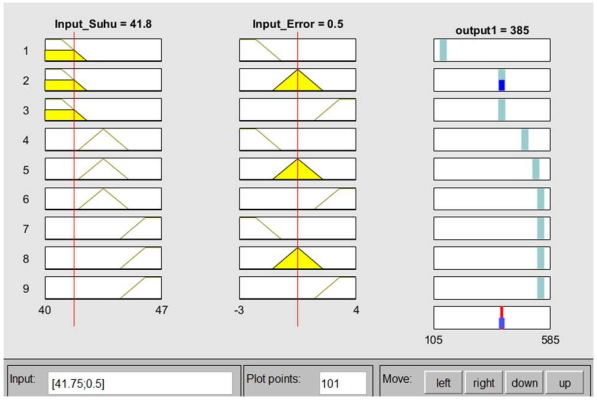
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian arduino dan matlab untuk mengetahui apakah keluaran dari fuzzy ini sesuai dengan perhitungan dan sesuai dengan pemrograman yang telah dibuat pada Arduino IDE. Pada pengujian ini hanya menampilkan perbandingan antara Matlab dengan serial monitor arduino IDE atau LCD dan membuktikannya.

Berikut adalah hasil dari perbandingan output yang dihasilkan oleh matlab dengan arduino IDE:

Saat input suhu bernilai 41.78:

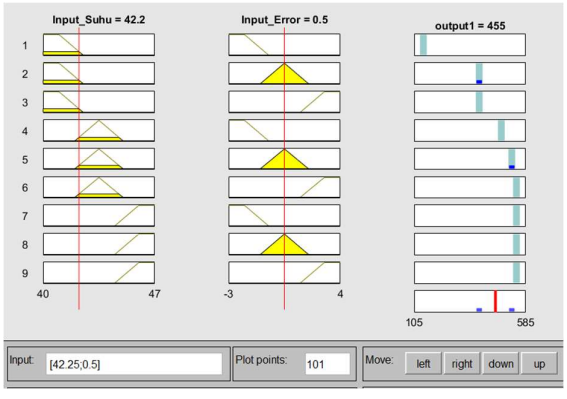
Gambar 3.1 Pengujian Fuzzy pada Arduino



Gambar 3.2 Pengujian fuzzy pada matlab

Saat input suhu bernilai 42,25:

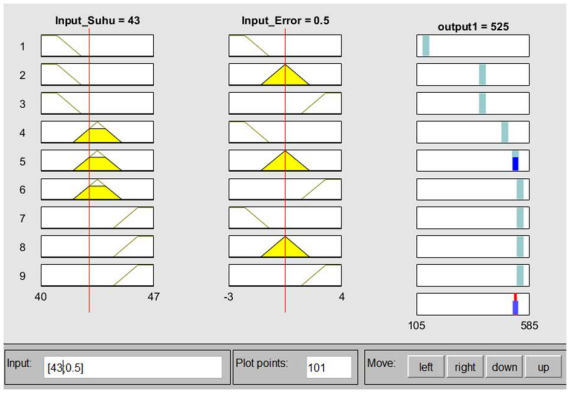
Gambar 3.3 Pengujian fuzzy pada arduino



Gambar 3.4 Pengujian fuzzy pada matlab

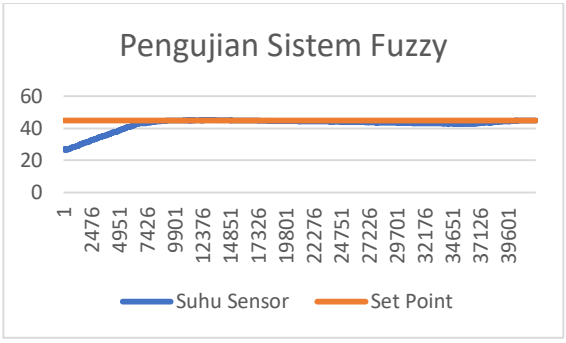
Saat input suhu bernilai 43.0:

Gambar 3.5 Pengujian fuzzy pada arduino



Gambar 3.6 Pengujian fuzzy pada matlab

Setelah melakukan pengujian perhitungan defuzzifikasi antara pemrograman dengan Matlab, maka selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk sistem fuzzy yang telah dibuat dapat stabil pada range suhu set point. Berikut merupakan hasil grafik respon sistem fuzzy berdasarkan input dan output yang telah ditentukan :



Gambar 3.7 Grafik hasil pengujian sistem fuzzy

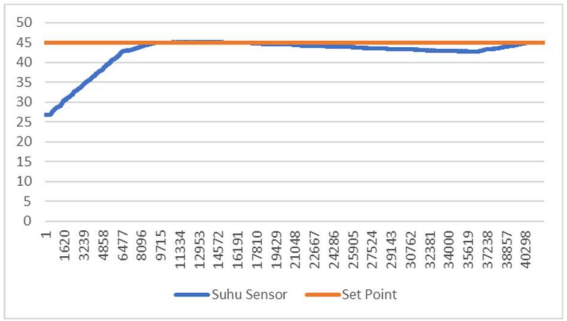
Analisa dari pengujian sistem ini dapat dikatakan bahwa program fuzzy yang telah dibuat hasil defuzzifikasinya sama dengan perhitungan pada Matlab. Ini dikarenakan pemrograman yang dibuat untuk defuzzifikasi sesuai dengan rumus defuzzifikasi pada metode Sugeno, yaitu defuzzifikasi *Weight Average*. Lalu berdasarkan grafik pada gambar diatas, sistem fuzzy yang telah diatur input dan outputnya dapat menstabilkan suhu dengan input normal range 42°C sampai 45°C. Sehingga dapat dikatakan sistem fuzzy ini dapat digunakan untuk kontrol suhu inkubasi.

D. Pengujian Secara Keseluruhan

Tujuan pengujian alat secara keseluruhan ini adlaah untuk memastikan apakah sistem yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik, serta dapat menjalankan semua komponen sesuai dengan perintah mikrokontroler.

Hal yang harus disiapkan sebelum melakukan pengujian secara keseluruhan adalah mencatat hasil pengujian, mulai dari waktu dan suhu yang terbaca. Lalu mempersiapkan semua komponen yang telah di uji dan dirangkai pada panel box.

Pada hasil pengujian yang pertama adalah hasil dari pengujian keseluruhan sistem dengan beban 5 liter. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengatahui apakah sensor dan servo telah bekerja sesuai dengan fungsi fuzzy yang telah dirancang dan untuk melihat apakah seluruh komponen dapat bekerja dengan baik sesuai dengan program yang telah dibuat. Berikut adalah grafik hasil pengujian dari sistem fuzzy dengan beban 5 liter:



Gambar 3.8 Grafik hasil pengujian inkubasi yoghurt 5 liter

Berdasarkan hasil pengujian inkubasi yoghurt dengan range suhu 45°C, maka didapatkan grafik seperti gambar diatas, sehingga didapatkan analisa sebagai berikut:

1. *Delay Time* (waktu tunda) : Td

Adalah waktu yang dibutuhkan tanggapan dari mendatar menuju ke linier dan mencapai nilai setengah dari nilai tanggapan untuk pertama kali [10]. Maka diketahui waktu untuk mencapai Td adalah:

$$\left(\frac{45-26}{2} = 9{,}5\right)$$

$$26 + 9{,}5 = 35{,}5$$

Sehingga pada suhu 35,5°C waktu menunjukkan 362s atau 5,7 menit.

2. *Rise Time* (waktu naik) : Tr

Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk naik dari suhu awal ke suhu *set point*. Maka nilai Tr adalah 851s atau 14 menit.

3. *Peak Time* (waktu puncak) : Tp

Adalah waktu yang menunjukkan ketika suhu berada keadaan tertinggi. Maka nilai Tp adalah 1080s atau 18 menit, yaitu pada suhu 45,25°C

4. *Error Steady State*

$$ess = \left(\frac{45{,}25-45}{45}\right)100\% = 0{,}56\%$$

5. *Overshoot* maksimum

Adalah nilai puncak maksimum dari respon. Sehingga pada grafik diatas, nilai maksimumnya adalah 45,25 maka overshoot maksimumnya adalah:

$$Maximum\ Overshoot = \left(\frac{45{,}25-45}{45}\right)100\% = 0{,}56\%$$

6. *Settling time*

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai akhir dan tetap berada pada *range set point*. Sehingga nilai *settling time* adalah 1260s atau 21 menit.

Berdasarkan perhitungan hasil pengujian diatas, terdapat error steady state mencapai 0,56% dimana set point suhu inkubasi adalah 45°C tetapi karena pada saat suhu 45°C api kompor mati, maka panci dan tatakan kompor yang telah panas karena terkena api akan mulai mendingin dan akan melepas kalor ke dalam panci, yaitu yoghurt. Sehingga terdapat panas yang tersisa pada panci dan tatakan yang akan membuat suhu beban akan naik sedikit ketika kompor telah dimatikan.

Tabel 3.1 Hasil pengujian keseluruhan

Waktu (s)	Suhu (°C)	Servo (OCR)	Api	Pemantik
63	39.75	345	On	Off
78	40.64	345	On	Off
122	41.13	385	On	Off
141	42.00	385	On	Off
186	43.35	420	On	Off
200	44.25	525	On	Off
240	45	525	Off	Off
305	45.13	525	Off	Off
350	45.25	528	Off	Off
1200	45.33	525	Off	Off
2400	45	525	Off	Off
2800	43	385	Off	Off
3744	42	385	On	On
3813	43.15	399	On	Off
3853	44.63	525	On	Off
3893	45.13	525	Off	Off
3938	42.5	531	Off	Off
4788	44.88	525	Off	Off
5988	44.38	525	Off	Off
6388	43.13	399	Off	Off
7401	42	385	On	On

Analisa berdasarkaan hasil pengujian secara keseluruhan, dapat dikatakan bahwa metode fuzzy sugeno dapat mengontrol suhu pada inkubasi yoghurt. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian pada tabel diatas, suhu yang dihasilkan sesuai dengan batas atas dan batas bawah yang telah diatur sebelumnya. Dimana batas atasnya adalah suhu 45°C dan batas bawahnya adalah 42°C.

Berdasarkan sistem yang telah dibuat, ketika nilai suhu mencapai batas atasnya, maka servo akan menutup pada nilai OCR 525 atau 150° dan suhu akan turun. Akan tetapi suhu yang hasilkan masih naik, karena yoghurt diinkubasi pada tempat yang dapat menahan cukup lama. Sehingga pada sistem ini lebih banyak menggunakan api mati, karena didalam panci yang digunakan untuk inkubasi, dapat menyimpan panas suhu dalam kurun waktu yang lama. Faktor lain yang membuat suhu tetap tersimpan adalah panas dari tatakan kompor, karena sifat besi dan stainless steel adalah menyimpan panas dan akan membuat panci yang terkena panas tersebut akan terasa panas dan mempengaruhi suhu didalam panci.

Lalu, apabila suhu dibawah batas minimum, maka servo akan membuka valve pada OCR 145 atau 0°. Pada saat batas minimum ini, pemantik akan On selama 5 detik dan akan selesai memantik apabila sensor api telah memberikan trigger untuk mematikan pemantik, karena telah mendeteksi api. Sehingga berdasarkan hasil percobaan yang telah

dilakukan, pengujian secara keseluruhan berhasil berjalan sesuai dengan apa yang telah dirancang

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan sistem dan alat yang telah dibuat, dapat dikatakan bahwa metode fuzzy efektif dalam pembuatan yoghurt.

Sensor DS18B20 juga bekerja baik dalam membaca suhu dengan range 42°C sampai 45°C. Hanya memiliki error 0.28%

Servo MG996R juga memiliki kepresisian saat membuka dan menutup *needle valve*. Kepresisisan ini juga diperkuat dengan pemrograman servo MG996R menggunakan mode fast PWM dan prescaller sebesar 64-bit. Sehingga putaran derajat servo dapat diatur berdasarkan *trial and error* nilai OCR agar derajat yang dihasilkan sesuai dengan penggaris busur sebagai variabel pembandingnya

Dengan menerapkan metode kontrol fuzzy untuk mengontrol suhu inkubasi yoghurt sebanyak 5 liter didapatkan *delay time* 362 detik, *rise time* 851 detik, dan *peak time* adalah 1080 detik. Didapati nilai maksimum *error steady state* yang tergolong kecil yaitu 0,56% dan nilai *settling time* sebesar 1260 detik.

Merancang dan menerapkan metode fuzzy pada kendali suhu inkubator dapat dilakukan dengan melakukan uji coba pada setiap komponen yang akan digunakan, setelah itu membuat fungsi keanggotaan input dan output fuzzy sugeno. Lalu untuk membandingkan apakah perhitungan dari defuzzifikasi benar, maka dibandingkan dengan hasil defuzzifikasi Matlab dan sistem. Dan sistem telah berjalan sesuai dengan output fuzzy berupa OCR servo

Alat ini dapat mengurangi kegagalan dari pembuatan yoghurt dengan metode yang sebelumnya, yaitu disimpan dalam media toples dan menggunakan suhu ruangan. Metode fuzzy berhasil membuat waktu inkubasi menjadi lebih singkat, dari yang awalnya inkubasi memakan waktu selama 8 jam menjadi 4 jam.

Proses inkubasi selesai ketika timer telah mencapai 4 jam, ditandai dengan buzzer berbunyi dan memeriksa yoghurt telah berasa asam dan kekentalan telah sesuai

Berikut adalah gambar keseluruhan alat (gambar 3.9) dan gambar rangkaian di dalam panel box (gambar 3.10).

Gambar 3.9 Hasil keseluruhan alat

Gambar 3.10 Rangkaian didalam panel box

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Dosen Pembimbing yang telah membantu dan membimbing.

REFERENSI

[1] Fatmasari, A. Irmayana, D. Dwiyanti, dan A. G. Patricia, “Pengaruh Kreativitas, Inovasi Dan Pengetahuan Kewirausahaan Terhadap Keberhasilan Usaha Pada UMKM,” *Jurnal Manajemen Sumber Daya Manusia, Administrasi, dan Pelayanan Publik*, vol. 10, hlm. 1233–1244, 2023, doi: https://doi.org/10.37606/publik.v10i3.

[2] A. Muawanah, “Pengaruh Lama Inkubasi dan Variasi Jenis Starter Terhadap Kadar Gula, Asam Laktat, Total Asam dan pH Yoghurt Susu

Kedelai," *Jurnal Kimia Valensi*, vol. 1, 2007, doi: 10.15408/jkv.v1i1.206.

[3] H. Komalasari dan Wahyu Krisna Yoga, "Potensi Bakteri Probiotik Indigenous Lactobacillus Plantarum Dad-13 Sebagai Starter Pada Pembuatan Yoghurt Fungsional: Kajian Pustaka," *Food Scientia : Journal of Food Science and Technology*, vol. 2, no. 2, 2022, doi: 10.33830/fsj.v2i2.3694.2022.

[4] H. D. Belitz dan W. Grosch, *Food Chemistry*, 2nd edition. 1999. doi: 10.1007/978-3-662-07281-3.

[5] Wirda, K. Fuady, dan Baihaqqi, "Assembly Setting Suhu Dan Waktu Menggunakan Remote Control Pada Inkubator Bakteri Berbasis Arduino Uno Atmega328," *Fisika*, vol. 7, no. 1, 2022.

[6] H. Singgih, Siswoko, dan Maskuri, "Implementasi Kendali Logika Fuzzy Pada Sistem Pengaturan Temperatur Proses Penurun Kadar Air Susu," *Jurnal ELTEK*, hlm. 49–61, 2018, doi: 10.33795/eltek.v16i2.99.

[7] F. Prasetyawan dan L. Anifah, "Sistem Kontrol Suhu Ketel Elektrik Menggunakan Metode Logika Fuzzy Sugeno Berbasis ESP8266 dengan Komunikasi Internet Of Things (IoT)," *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 5, no. 1, 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n1.p5-12.

[8] G. J. Klir dan Bo. Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic : theory and applications*. Prentice Hall PTR, 1995.

[9] M. Fauziyah, S. Adhisuwignjo, M. Rifai, dan D. Dewatama, "Based Fuzzy Logic Temperature Control for a Coffee Roaster Machine," dalam *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018. doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012202.

[10] E. P. Widiyanto, E. S. Budi, dan H. K. Safitri, "Implementasi Pengontrol Suhu Menggunakan Algoritma Fuzzy Logic Pada Proses Pembuatan Yoghurt," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 6, no. 3, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v6i3.166.