

Sistem Kontrol Suhu Ketel Elektrik Menggunakan Metode Logika Fuzzy Sugeno Berbasis ESP8266 dengan Komunikasi Internet Of Things (IoT)

Firdaus Prasetyawan¹, Lilik Anifah²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya

¹firdaus.17050874055@mhs.unesa.ac.id

²lilikanifah@unesa.ac.id

Abstrak— Ketel atau teko elektrik yang dijual dipasaran biasanya tidak dapat dikontrol dan sebagian besar tidak terdapat fitur tampilan temperatur air secara aktual. Penelitian ini dilakukan untuk membuat solusi dari permasalahan pada ketel elektrik yang dijual dipasaran. Dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan sensor suhu DS18B20, dibuatlah sebuah rancang bangun sistem kontrol suhu air dalam ketel elektrik. Alat ini juga ditambahkan sebuah interface berupa Liquid Crystal Display (LCD) dan smartphone dengan aplikasi blynk untuk mengatur *set point* dan menampilkan suhu air ketel secara aktual. Untuk memberikan kontrol suhu air ketel otomatis, Fuzzy Logic Controller (FLC) Sugeno dipilih sebagai metode pada sistem kontrol penelitian ini dengan output berupa konstanta atau persamaan linear terhadap jumlah frekuensi listrik PLN 50 Hz. Adapun alasan utama adalah bahwa metode tersebut dapat menghasilkan fluktuasi yang stabil sesuai *set point*. Analisa dilakukan berdasarkan *response time* dan fluktuasi terhadap suhu pada *set point*. Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil bahwa, pada saat selisih antara suhu aktual dengan *set point* $< 5^{\circ}\text{C}$ untuk mencapai *set point response time* sedikit melamban dan alat ini menghasilkan kestabilan dengan fluktuasi maksimal 1°C dan interface smartphone dapat bekerja sebagaimana mestinya yaitu mengirim notifikasi pada saat suhu air sesuai dengan *set point*.

Kata Kunci— Ketel Elektrik, IoT, Fuzzy Logic Controller Sugeno, ESP8266, MOC3021, DS18B20.

I. PENDAHULUAN

Suhu air yang digunakan sebagai penyeduhan kopi dan teh sangat berpengaruh terhadap hasil pembuatan kopi dan teh. Pada suhu air seduhan 90°C menghasilkan polifenol lebih tinggi sedangkan pada suhu 80°C menghasilkan aktivitas antioksidan dan anti bakteri lebih tinggi [1]. Pada penelitian lain sebutkan bahwa cita rasa sajian kopi tubruk robusta Cibulao pada suhu penyeduhan 92°C mendapat penilaian tertinggi [2]. Pada penelitian lain menyebutkan bahwa suhu air seduhan berpengaruh pada kadar kafein dan antioksidan yang berbeda pada suhu tertentu. [3,4].

Berdasarkan hal tersebut, proses kontroling pada suhu air yang digunakan sebagai penyeduh kopi dan teh maupun pada aplikasi lainnya menjadi suatu hal yang penting. Terlebih bila pengguna ketel elektrik membutuhkan air pada suhu tertentu, sehingga tidak perlu merebus air lagi cukup menjaga kestabilan suhu air ketel tersebut. Beberapa penelitian yang telah membahas tentang kontrol suhu air pada ketel elektrik adalah menggunakan kontrol Fuzzy dan PID dengan menggunakan *feedback* suhu aktual [5-7]. Beberapa

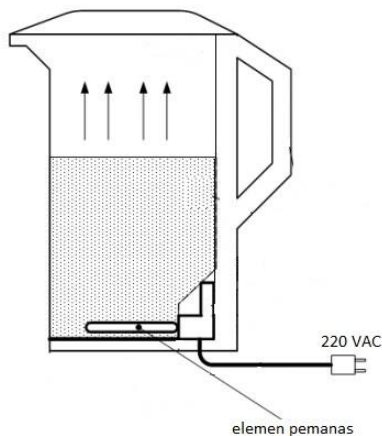
penelitian tersebut tentang pengontrolan suhu secara umum menggunakan Fuzzy dan PID menghasilkan output yang memiliki nilai *overshoot* yang tinggi, hal itu berarti bahwa suhu air dalam ketel tersebut harus menunggu beberapa waktu sehingga turun dan sesuai dengan *set point* suhu.

Pentingnya kontroling suhu pada ketel elektrik, maka tujuan penelitian ini adalah membuat sistem kontroling suhu yang lebih stabil dengan efisien terhadap waktu. Kontroling suhu air pada ketel elektrik dalam penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Logic Controller (FLC) Sugeno, FLC Sugeno memiliki output yang linier sehingga sesuai titik suhu yang diatur. Penelitian manual dilakukan sebelumnya untuk mengambil data yang akan digunakan sebagai variabel input dalam pembentukan fuzzy.

Penggunaan fuzzy dipilih sebagai metode pengontrolan dalam penelitian ini dikarenakan beberapa penelitian tentang pengontrolan motor, temperatur, kelembaban dan lain-lain menghasilkan keluaran yang stabil dan *error* yang kecil. Berikut beberapa contohnya, pada artikel jurnal di [8] dispenser dapat memanaskan kopi dan krimer dengan kontrol fuzzy pada *setpoint* yang berbeda, didapatkan *setpoint* terbaik pada saat 80°C . Pada artikel jurnal di [9] menghasilkan *rise time* dan *settling time* kecil dan *overshoot* 5%. Pada artikel jurnal di [10] fuzzy yang digunakan dapat menaikkan 1°C suhu per 45 detik, dan menurunkan suhu 1°C per 40 detik. Perbandingan penggunaan metode PID dan Logika Fuzzy pada artikel jurnal di [11] didapatkan hasil fuzzy logic lebih handal karena hampir tidak terdapat *overshoot*.

Penelitian implementasi fuzzy diatas menjadi salah satu pertimbangan agar sistem yang dibangun pada penelitian ini menghasilkan *response time* yang efisiensi terhadap waktu proses pemanasan dan stabil dalam menjaga suhu. Disamping pengontrolan terhadap suhu air, penelitian ini juga menambahkan fitur yang diaplikasikan pada ketel elektrik yaitu interface berupa LCD dan smartphone sehingga ketel dapat dikontrol melalui smartphone dan mendapatkan notifikasi saat air sudah siap digunakan. Dengan menghubungkan alat kontrol heater dengan smartphone melalui koneksi WiFi, percobaan pada penelitian yang menggunakan IoT sebagai sistem kontrol dan monitoring mampu bekerja sebagaimana mestinya [12-15].

Komponen utama dalam pembuatan rancang bangun pada penelitian ini antara lain: mikrokontroler, heater driver, sensor suhu, display dan IoT, input suhu dan metode kontrol.



Gbr. 1 Ketel Elektrik

Teko atau ketel elektrik merupakan teko yang dapat merebus air dengan menggunakan elemen pemanas yang di colokkan pada listrik rumah seperti pada Gbr. 1. Ketel elektrik ini memiliki tingkat kepraktisan lebih baik dibandingkan kompor gas. Kelebihan dari teko listrik adalah mudah dibawa dan bisa dipakai dimana saja. Ketel elektrik dengan spesifikasi daya elemen pemanas 150 Watt dan kapasitas 1,3 liter yang akan digunakan dalam penelitian ini [16].

NodeMCU adalah *firmware* berbasis Lua yang memiliki sumber terbuka (*open source*) dan mikrokontroler ini menggunakan *chip* ESP8266. *Development board* ini secara khusus difungsikan untuk aplikasi berbasis IoT karena *board* ini memiliki fitur WiFi [17]. Mikrokontroler inilah yang akan digunakan sebagai sistem kontrol suhu air dan *interface* antara ketel elektrik dengan *smartphone* dengan *platform* blynk. Blynk sendiri merupakan *Cloud platform* untuk aplikasi iOS dan Android yang berguna untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi, dan board-board sejenisnya melalui Internet yang dapat mengolah, mengontrol dan memonitor data [18]. Pada sistem penelitian ini, Blynk digunakan sebagai *interface* untuk mengontrol setting suhu, memonitor suhu aktual, dan memberi notifikasi saat air sudah sesuai suhu setting.

Sensor suhu yang digunakan pada penelitian adalah DS18B20 yang menyediakan pengukuran suhu selcius 9 bit sampai 12 bit dan memiliki fungsi alarm dengan titik *trigger* atas dan bawah yang dapat diprogram. DS18B20 berkomunikasi melalui bus 1 Wire. Suhu yang dapat terbaca oleh sensor ini antara -55°C sampai +125°C (-67°F sampai +257°F) [19]. Dalam penelitian ini yang akan digunakan hanya suhu dengan kisar antara 0-100°C.

Potensiometer juga dikenal sebagai POT adalah resistor variabel. POT dapat memberikan resistansi variabel hanya dengan memvariasikan knop di atas kepalanya. Parameter utama dalam menggunakan POT ada dua yaitu, Resistensi (R-ohm) dan Daya (P-Watt). Menggunakan rangkaian *voltage divider*, potensiometer pada penelitian ini digunakan sebagai pengatur angka set point suhu air dalam ketel elektrik.

Struktur optocoupler MOC302X didasarkan pada komunikasi IR sederhana, bagian pemancarnya didasarkan

pada LED yang hanya digunakan untuk mengirimkan sinyal IR pada logic input. MOC302X digunakan dengan switching AC beban tinggi dengan kontrol tegangan DC. Pada rangkaian ini, TRIAC dipasangkan untuk menahan Daya [20]. Penelitian ini menggunakan dimmer yang diaplikasikan pada elemen pemanas ketel elektrik dengan tujuan untuk membatasi jumlah frekuensi tanpa merubah panjang periode dari listrik PLN 50Hz.

Untuk tampilan nilai suhu aktual dan nilai seting suhu pada rancang bangun penelitian ini menggunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) yang merupakan modul penampil data yang mempergunakan kristal cair sebagai bahan untuk penampil data yang berupa tulisan maupun gambar [21]. LCD seperti ini sangat populer dan banyak digunakan dalam proyek elektronik karena bagus untuk menampilkan informasi seperti data sensor dari proyek, dan juga sangat murah. Untuk menghemat pin pada Arduino ada 1 modul LCD yang bisa dimanfaatkan untuk alternatif mengakses LCD yaitu modul LCD PCF8574. Pada modul tersebut menggunakan *interface* I2C, sehingga hanya membutuhkan 2 pin saja yaitu SDA dan SCL.

Kontribusi dari penelitian ini adalah dapat menghasilkan ketel elektrik untuk merebus air yang efisien terhadap waktu pemanasan dengan suhu yang diinginkan bisa diatur oleh pengguna, dan stabil dalam menjaga suhu dengan cara mengontrol elemen pemanasnya. Metode kontrol yang digunakan adalah membatasi jumlah daya listrik yang mengalir dalam elemen pemanas, sehingga dapat menghemat penggunaan listrik. Selain itu fitur IoT yang disematkan pada ketel elektrik tersebut dapat digunakan sebagai kontroling dan monitoring terhadap suhu air didalam ketel melalui sambungan WiFi *smartphone* dengan mengirim notifikasi pada *smartphone*.

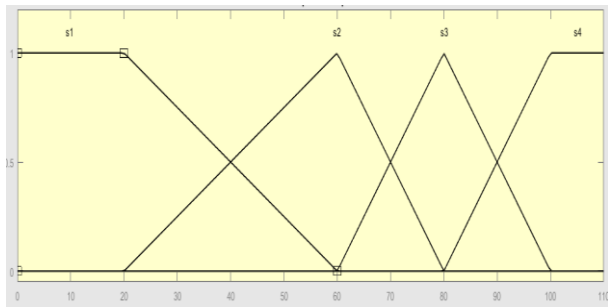
II. FUZZY LOGIC CONTROLLER (FLC)

Metode fuzzy diaplikasikan dengan berpedoman buku pada [22]. FLC adalah suatu metode kontrol/kendali yang menggunakan teori himpunan fuzzy dalam proses kontrol suatu sistem. Perancangan penelitian pengendali suhu air ketel ini menggunakan logika fuzzy dengan metode sugeno. Sistem ini bekerja dengan dua input yaitu nilai seting suhu (*set point*), dan selisih antara *set point* dengan suhu aktual disebut sebagai *error*, dan outputnya berupa tingkat panas elemen pemanas (0-50Hz). Adapun tahapan dalam metode *fuzzy logic controller* adalah 1) *Fuzzifikasi*, 2) Rule, 3) inferensi, dan 4) defuzzifikasi.

A. Fuzzifikasi

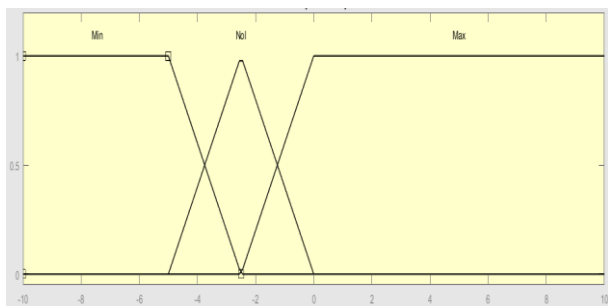
Fuzzifikasi merupakan proses mentransformasikan data pengamatan kedalam bentuk himpunan fuzzy.

Nilai Suhu berupa *crisp* 0 sampai 100. Nilai tersebut diperoleh dari nilai minimum dan nilai maksimum ADC potensiometer 100K pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Nilai *crisp* tersebut diubah menjadi himpunan - himpunan *input fuzzy* Sugeno, terlihat pada Gbr. 2.



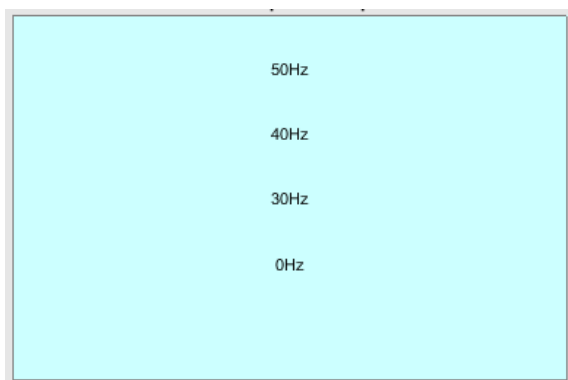
Gbr. 2 Input Variabel Suhu

Selisih nilai suhu aktual dengan *set point* dinyatakan sebagai *variabel error*. Bila nilai *error* lebih besar dari -5°C dari *set point* maka elemen *heater* akan *full on*, sebaliknya bila nilai *error* lebih dari 0°C dari titik setting maka elemen *heater* akan *full off*. Dan bila nilai *error* antara -5°C sampai 0°C maka elemen *heater* akan menyala dengan dikontrol oleh dimmer berdasar nilai *output fuzzy*. Terlihat pada Gbr. 3.



Gbr. 3 Input Variabel Error

Crisp output dari *defuzzification* pada perhitungan mencari *weighted average* (WA) adalah seperti pada Gbr. 4, nilai tersebut didapatkan dengan melakukan percobaan secara manual terhadap fluktuasi suhu air ketel elektrik.



Gbr. 4 Output Variabel Dimmer

B. Rule

Aturan dasar fuzzy mendefinisikan hubungan antara fungsi keanggotaan input dan bentuk fungsi keanggotaan

output. Pada metode sugeno output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy tetapi berupa konstanta.

Berikut adalah rule yang digunakan pada metode fuzzy penelitian ini:

- 1) If (SUHU is 1) and (ERROR is min) then (DIMMER is 50Hz)
- 2) If (SUHU is 1) and (ERROR is max) then (DIMMER is 0Hz)
- 3) If (SUHU is 1) and (ERROR is nol) then (DIMMER is 0Hz)
- 4) If (SUHU is 2) and (ERROR is min) then (DIMMER is 50Hz)
- 5) If (SUHU is 2) and (ERROR is max) then (DIMMER is 0Hz)
- 6) If (SUHU is 2) and (ERROR is nol) then (DIMMER is 30Hz)
- 7) If (SUHU is 3) and (ERROR is min) then (DIMMER is 50Hz)
- 8) If (SUHU is 3) and (ERROR is max) then (DIMMER is 0Hz)
- 9) If (SUHU is 3) and (ERROR is nol) then (DIMMER is 40Hz)
- 10) If (SUHU is 4) and (ERROR is min) then (DIMMER is 50Hz)
- 11) If (SUHU is 4) and (ERROR is max) then (DIMMER is 0Hz)
- 12) If (SUHU is 4) and (ERROR is nol) then (DIMMER is 40Hz)

C. Inferensi

Inferensi fuzzy Sugeno adalah menghitung hasil akhir dari perhitungan yang sudah dilakukan berdasarkan rules yang digunakan, dalam menghitung hasil akhir metode fuzzy Sugeno menggunakan rata-rata terbobot atau *weight average* (WA).

Pada sistem ini terdiri dari beberapa aturan yaitu 12 rule, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar rules dengan formula yang mengacu pada (1).

$$\sum_{r=1}^R \alpha_r z_r \quad (1)$$

dimana R = banyaknya rule

α_r = fungsi keanggotaan (*fire strength*) ke-r

z_r = output pada anteseden aturan ke-r.

D. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi pada penelitian ini menggunakan metode *weight average*. Pada proses ini output berupa bilangan *crisp*. Defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari rata-rata sesuai dengan formula mengacu pada (2).

$$Z = \frac{\sum_{r=1}^R \alpha_r z_r}{\sum_{r=1}^R \alpha_r} \quad (2)$$

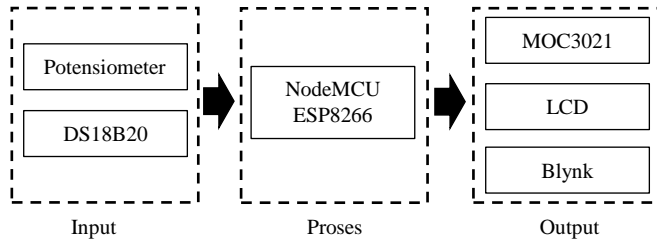
dimana Z = Weight Average (WA).

Dimana T_{on} = periode saat menyala
 T_{off} = periode saat mati
 f_n = frekuensi baru

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Blok Sistem

Sistem yang dirancang untuk kontrol suhu ketel elektrik dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gbr. 5. Blok diagram ini merepresentasikan fungsi dari setiap bagian komponen yang terintegrasi yang dimulai dari input, proses, dan output.



Gbr. 5 Diagram Blok Sistem

Fungsi dari tiap blok diagram pada Gbr. 5 adalah sebagai berikut :

1. *Potensiometer*, digunakan sebagai pengatur set point suhu. Resistansi potensiometer 100K dikalibrasi dengan mikrokontroler sehingga menghasilkan pemetaan nilai antara 0-100, yang akan digunakan sebagai seting suhu air 0-100°C atau dapat ditulis 1°C = 1000 Ω. Untuk kebutuhan praktis, maka pembacaan potensiometer diprogram dengan kelipatan 2 (dua).
2. *DS18B20* merupakan sensor suhu air, digunakan sebagai pembaca nilai suhu air ketel elektrik selama proses perebusan.
3. *ESP8266* merupakan mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini, fungsi dari mikrokontroler ini adalah membaca sensor DS18B20, membaca potensiometer dan mengolah menjadi nilai set point, menjalankan proses fuzzy kontrol, mengontrol dimmer, menampilkan data ke LCD, dan sebagai *interface* IoT dengan *smartphone*.
4. *MOC3021* atau dimmer digunakan sebagai driver arus AC untuk pengontrol *heater*. Dalam menentukan jumlah frekuensi yang akan dikontrol oleh dimmer, langkah pertama adalah mengganti besar frekuensi pada listrik PLN 50 Hz menjadi frekuensi baru yang diinginkan sesuai dengan output fuzzy mengacu pada (3). Langkah kedua adalah membentuk frekuensi baru tanpa merubah panjang periode listrik PLN 20 ms mengacu pada (4).

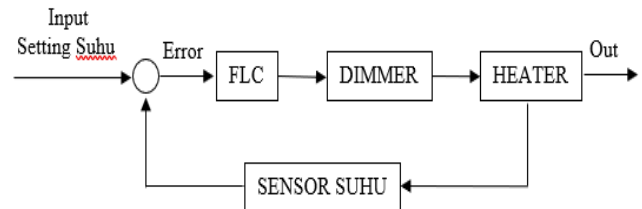
$$T_{on} = f_n \times \frac{20ms}{Hz} \quad (3)$$

$$T_{off} = 1000ms - T_{on} \quad (4)$$

5. *LCD* digunakan sebagai tampilan dari data pada sistem, yaitu, set point dan suhu air.
6. *Blynk* merupakan *interface* antara sistem kontrol dengan *smartphone*. Dengan memanfaatkan fitur *labeled value* untuk menampilkan suhu aktual dan *notification* untuk memberikan notifikasi bila suhu sudah mencapai set point.

B. Diagram Alur Kontrol Fuzzy

Proses dalam penelitian kontrol ketel elektrik menggunakan metode *fuzzy logic controller* sugeno ditunjukkan dalam diagram alir pada Gbr. 6. Dengan menggunakan setting suhu sebagai input kemudian diolah menggunakan metode FLC sugeno akan menghasilkan output berupa kontrol dimmer agar air dapat dijaga kestabilan suhunya.



Gbr. 6 Diagram Alir Sistem Kontrol

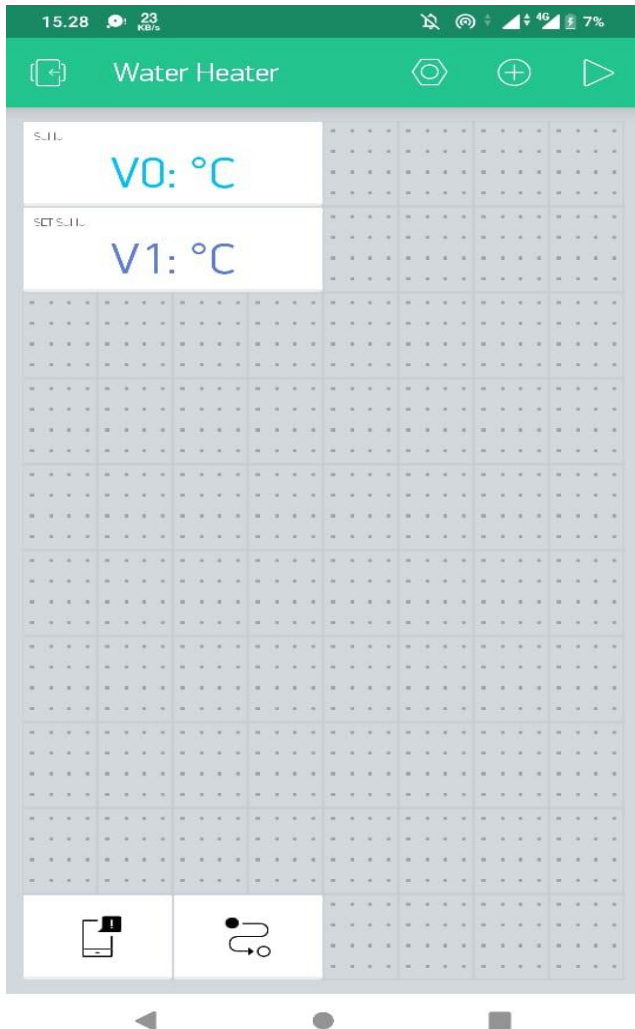
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram blok di Gbr. 5 yang digunakan sebagai desain pembuatan hardware didapatkan hasil integrasi sistem hardware yang ditunjukkan pada Gbr 7 dengan beban air dengan volume 1 liter. Power dari alat ini terdiri dari dua sumber yaitu: steker warna hitam disambungkan ke sumber tegangan 220 VAC, dan kabel USB warna biru disambungkan ke tegangan 5 VDC.



Gbr. 7 Integrasi Sistem Hardware

Adapun perancangan Internet Of Things (IoT) yang digunakan sebagai penampil data: suhu aktual, set suhu, dan memberi notifikasi. Disini peneliti menggunakan aplikasi Blynk yang dapat didownload di playstore. Dengan mengintegrasikan fitur yang ada pada aplikasi Blynk antara lain: Labeled Value, Notification Setting, dan Eventor Setting didapatkan hasil rancangan sistem IoT seperti pada Gbr. 8.



Gbr. 8 Hasil Rancangan Sistem IoT

A. Uji Switching Dimmer

Pengujian pada rangkaian dimmer dilakukan sebelumnya untuk mengetahui bahwa switching dimmer bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan tanpa beban, hanya menguji kerja switching. Hasil dari pengujian ini disajikan pada Gbr.9, Gbr.10 dan Gbr.11. Adapun durasi switching yang diuji ada 3 (tiga) yaitu:

1. Switch on 20 ms dan off 30 ms.



Gbr. 9 Switch on 20 ms dan Switch off 30 ms

2. Switch full on.



Gbr. 10 Switch full on

3. Switch full off



Gbr. 11 Switch full off

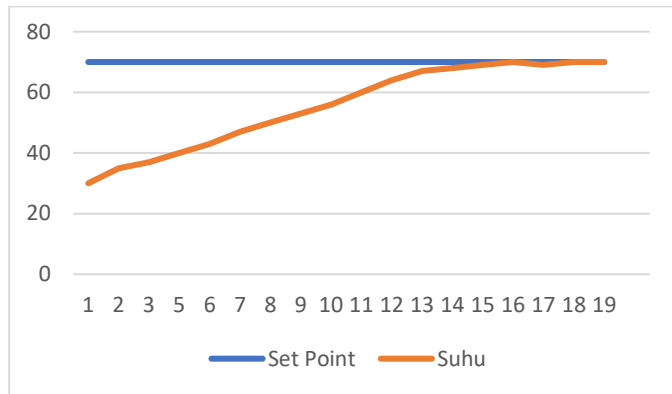
Keterangan:

- Garis Biru = sinyal switching dimmer
- Garis Kuning = sinyal frekuensi 50 Hz

B. Uji Response Time

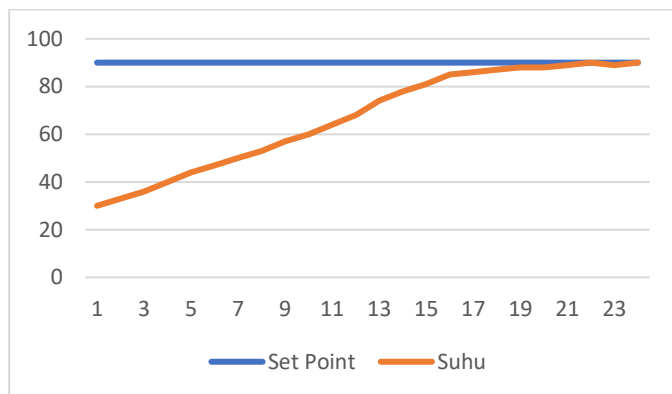
Pengujian *response time* dilakukan dua kali dengan suhu awal air yaitu 30°C, dengan melihat perubahan tiap 1 menit nilai suhu aktual dicatat dan disajikan dalam grafik *response time*.

Pengujian pertama dilakukan dengan nilai *set point* sebesar 70°C kemudian hasilnya disajikan berupa grafik pada Gbr.10. didapatkan hasil bahwa suhu aktual mencapai titik *set point* pada menit ke 16.



Gbr.12 Response Time pada 70°C

Pengujian kedua dilakukan dengan nilai *set point* sebesar 90°C kemudian hasilnya disajikan berupa grafik pada Gbr.12. didapatkan hasil bahwa suhu aktual mencapai titik *set point* pada menit ke 22.



Gbr.13 Reson Time pada 90°C

Dalam dua percobaan tersebut yaitu pada set point 70°C dan 90°C. didapatkan hasil bahwasanya pada nilai *error* dalam rentang 0°C - 5°C. *Response time* melambat daripada sebelumnya, hal ini dikarenakan dimmer bekerja menyesuaikan nilai *weight average* dari perhitungan fuzzy yang membatasi kondisi on dan off daripada elemen heater. Pembatasan tersebut bertujuan agar *response time* tidak memiliki atau meminimalisirkan *overshot*. Kemudian *response time* mencapai *set point* dan dapat menjaga kestabilan suhu airnya dengan fluktuasi maksimal sebesar 1°C kebawah dari nilai *set point*.

C. Uji Perhitungan Fuzzy

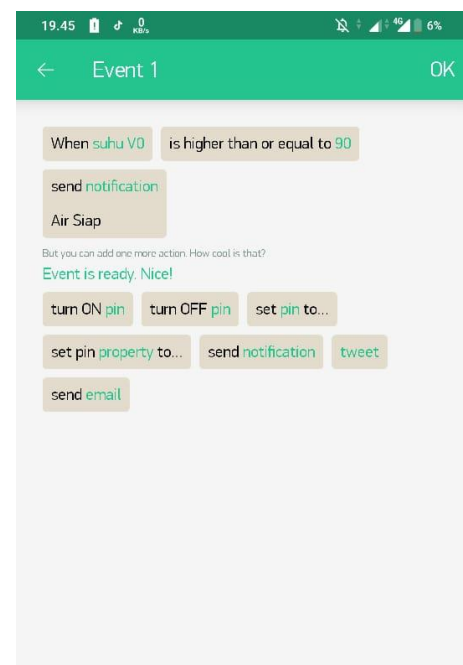
Proses pengolahan untuk pengambilan keputusan metode FLC sugeno yang telah deprogram pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang mana hasil ditampilkan pada layar LCD 20x4 dalam bentuk Weight Average atau WA pada layar LCD yang disajikan pada Gbr 14. Pengambilan data dilakukan pada suhu 88,88 dan didapatkan hasil WA sebesar 20,25.



Gbr. 14 Pengujian Pengolahan Fuzzy

D. Uji IoT

Untuk menampilkan notifikasi, alat ini menggunakan fitur blynk yaitu notification dan eventor. Penggunaan eventor adalah sebagai *trigger* untuk menyalakan notifikasi dengan mengatur perbandingan nilai. Konfigurasi ditunjukkan pada Gbr.15.



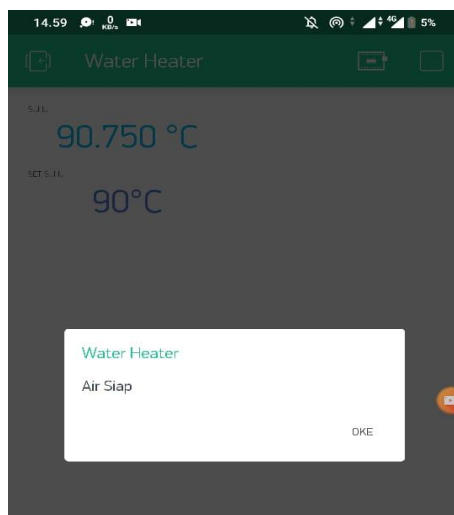
Gbr.15 Konfigurasi Notifikasi dan Eventor Blynk

Tampilan nilai suhu dan *set point* melalui aplikasi android Blynk terlihat pada Gbr. 16. Nilai pada aplikasi Blynk dapat merespon dengan *refresh rate* 1 detik. Angka dengan warna biru muda merupakan nilai suhu aktual dan angka dengan warna ungu merupakan nilai *set point*.



Gbr. 16 Tampilan Data Suhu pada Blynk

Pengujian fitur notifikasi pada aplikasi Blynk terlihat pada Gbr. 17. Pada saat nilai suhu sudah mencapai *set point*, aplikasi Blynk secara langsung mengirimkan notifikasi pada smartphone.



Gbr. 17 Notifikasi Suhu mencapai Set Point

V. KESIMPULAN

Dari pengujian alat terhadap *response time*, fluktuasi suhu, dan fitur IoT yang diterapkan pada ketel elektrik 150 Watt 220 VAC, beberapa hal yang diperoleh antara lain sebagai berikut :

1. Sistem kontrol menggunakan fuzzy logic sugeno, menghasilkan *respon time* yang sedikit melamban ketika nilai *error* $< 5^{\circ}\text{C}$.
2. Besar fluktuasi dalam menjaga kestabilan suhu agar sesuai set point paling besar (maksimal) 1°C .

Sistem telah bekerja dan terintegrasi dengan baik. Adanya implementasi Fuzzy pada sistem, suhu terkontrol dengan lebih baik.

REFERENSI

- [1] Apriani, Rizky 2019. PENGARUH JENIS KULIT KOPI DAN SUHU AIR SEDUHAN TERHADAP KARAKTERISTIK EKSTRAK CASCARA. Skripsi : Universitas Pasundan, Bandung.
- [2] Asiah Nurul, Septiyana Feny, dkk. 2017. IDENTIFIKASI CITA RASA SAJIAN TUBRUK KOPI ROBUSTA CIBULAO PADA BERBAGAI SUHU DAN TINGKAT KEHALUSAN PENYEDUHAN. Bogor. Barometer, (2)(2):52-56.
- [3] Purwakhidyana Radesta dan Kunarto Bambang. 2018. PENGARUH SUHU DAN LAMA WAKTU EKSTRAKSI TERHADAP SIFAT KIMIA KOPI HIJAU (*Coffea canepora* P.). Teknologi Hasil Pertanian, Univeritas Semarang.
- [4] Zarwinda Irma dan Sartika Dewi. 2018. PENGARUH SUHU DAN WAKTU EKSTRAKSI TERHADAP KAFEIN DALAM KOPI. Lantanida Journal, (6)(2):103-202.
- [5] Mohd Badril Nor Shah, Norfahaniza Zailan, dkk. PID-based temperature control device for electric kettle. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), (9)(3):1683-1693.
- [6] Yaqin Guo. 2020. Research on Electric Kettle Temperature Control System Based on MATLAB/Simulink. International Conference on Computer, Communication and Network Technology (CCNT) 2:176-181.
- [7] Samsudin Faris. 2016. TEMPERATURE CONTROL DEVICE DESIGN FOR ELECTRIC KETTLE USING BANG-BANG CONTROLLER. Universiti Teknikal Malaysia Melaka.
- [8] Yusuf, Triwiyatno Aris, dan Setiyono Budi. 2017. PERANCANGAN SISTEM PENGATURAN SUHU CAIRAN DENGAN METODE KONTROL FUZZY PADA DISPENSER KOPI INSTAN OTOMATIS. TRANSIENT, VOL. 6, NO. 3, ISSN: 2302-9927, 248
- [9] Romadhan Setiawan, Setiyono Budi, dan Sumardi. 2014. MENGGUNAKAN KONTROL FUZZY UNTUK PENGATURAN SUHU CAIRAN BERBASIS ATMEGA16. Universitas Negeri Diponegoro Semarang, Transient (3)(4), ISSN: 2302-9927, 168.
- [10] Alfith, Antonov Bachtar, dan Algizan A.A. 2019. Perancangan Pengendali Suhu Air Pada Bak Mandi Menggunakan Fuzzy Logic Controller. JURNAL TEKNIK ELEKTRO ITP, (8)(2):109-115.
- [11] Muhammad Aziz Muslim dan Goegoes Dwi Nusantara. 2015. Fuzzy Logic based Temperature Control of a Vacuum Distiller. International Journal of Applied Engineering Research, (10)(17) : 38504-38508.
- [12] Hery Dian Septama, Titin Yulianti, dkk. 2018. Smart Warehouse: Sistem Pemantauan dan Kontrol Otomatis Suhu serta Kelembaban Gudang. Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi (SeNITiA) 2018 : 184-187.
- [13] Cho Zin Myint, Lenin Gopal, and Yan Lin Aung. 2017. Reconfigurable Smart Water Quality Monitoring System in IoT Environment. School of Computer Science and Engineering Nanyang Technological University Singapore.
- [14] Romi Hendri dan Eva Itma Anna. 2020. Prototipe Aplikasi Kelas Pintar (SmartClass) Dengan Konsep Internet Of Thing (IOT) menggunakan Arduino. Jurnal Teknologi dan Informatika (JEDA), (1)(2):1-11.
- [15] Saepul Anwar, Hermanto. 2019. Pemanfaatan Internet of Thing (IoT) dalam Pengendalian Lampu dan Kipas Berbasis Android. Riset Teknik Informatika dan Komputer (RESTIKOM) (1)(2):28-37.

- [16] 2021. Q2 mug elektrik 8012/teko listrik/elektrik pot. [Online], <https://www.tokopedia.com/elmartdepo/q2-mug-elektrik-8012teko-listrikelektrik-pot>, tanggal akses: 19 April 2021.
- [17] “ESP8266EX data sheet”, Espressif Systems IOT Team, 2015.
- [18] (2020) Blynk IoT platform: for businesses and developers. [Online], <https://blynk.io>, tanggal akses: 19 April 2021.
- [19] “DS18B20 data sheet”. Temperature Sensor. Dallas Semiconductor, Maxim.
- [20] “MOC302X data sheet”. Optocouplers/Optoisolators. Texas Instruments, Texas, 1995.
- [21] “20x4 LCD data sheet”. Liquid Crystal Display. Systonix, 2000.
- [22] Kusumadewi, S dan Purnomo, Hari. (2010), Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan, Graha Ilmu, Yogyakarta.