

Pemodelan Kendali Temperatur menggunakan Fuzzy Mamdani *Inference* System pada Dispenser Air

Damar Wicaksono
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jl. Kapten Suparman No.39, Tuguran, Potrobangsari, Kecamatan Magelang Utara,
Kota Magelang, Jawa Tengah Indonesia
*email: damar@untidar.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.31603/komtika.v7i1.8984>

Received: 12-04-2023, Revised: 04-05-2023, Accepted: 08-05-2023

ABSTRACT

*Abstract-*This paper discusses the modelling of fuzzy control systems that are applied to dispensers using MATLAB software simulation. The dispenser is equipped with sensors and temperature controllers which are known as thermostats and two indicator lights for red which means the dispenser is in the process of heating while for green it means the dispenser is in standby. In its original state, the dispenser is currently unable to distinguish when the heater can be controlled with certain conditions. So that a mechanism is needed so that the dispensers can distinguish between the three conditions where errors, delta errors and control actions are in accordance with the output of the water temperature needed. To overcome this problem, a modelling is needed that can explain how the thermostat controller can perform a control action consisting of three conditions. One of the tools used to model the plant uses MATLAB Simulink to get the appropriate control action and can be used to design the next control system that is more practical and environmentally friendly. The results of this study indicate that the rule base that has been designed, can be applied to simulation modelling with the appropriate thermostat state to determine the appropriate control action. Input signal step can be used in this plant and the scope in the output section is obtained in the form of a control chart that matches the target value.

Keywords: dispenser; error; fuzzy; rule base; simulink;

ABSTRAK

Intisari-Makalah ini membahas pemodelan sistem kendali *fuzzy* yang diterapkan pada dispenser menggunakan simulasi piranti lunak Matlab. Dispenser dilengkapi dengan sensor dan pengendali temperatur yang dikenal sebagai *thermostat* dan dua buah lampu indikator untuk warna merah sebagai penanda dalam proses pemanasan keadaan *standby* ditandai dengan warna hijau. Secara keadaan semula, dispenser saat ini belum dapat membedakan kapan *heater* dapat dikendalikan dengan beberapa kondisi kebutuhan tertentu. Sehingga diperlukan sebuah mekanisme agar dispenser dapat membedakan diantara kondisi tiga keadaan dimana *error*, *delta error* dan *control action* agar sesuai dengan keluaran dari temperatur air yang dibutuhkan. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan sebuah pemodelan yang dapat menjelaskan bagaimana pengendali *thermostat* tersebut dapat melakukan *control action* yang terdiri dari tiga buah kondisi. Salah satu piranti yang digunakan untuk memodelkan *plant* tersebut menggunakan Matlab *simulink* agar didapatkan *control action* yang sesuai dan bisa digunakan untuk merancang sistem kendali berikutnya yang lebih praktis dan ramah lingkungan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *rule base* yang telah dirancang, dapat diterapkan pada pemodelan simulasi dengan keadaan termostat yang sesuai untuk menentukan *control action* yang sesuai. *Input signal step* dapat digunakan pada plant ini dan didapatkan *scope* pada bagian *output* berupa grafik kontrol yang sesuai dengan nilai target.

Kata Kunci: dispenser; error; fuzzy; rule base; simulink;

PENDAHULUAN

Dahulu, masyarakat menggunakan termos air panas sebagai media penyimpanan air panas untuk menjaga agar temperaturnya stabil. Termos tersebut menjaga temperatur air tetap dalam kondisi panas dengan menggunakan prinsip adiabatik, sehingga kalor yang dihasilkan tidak akan berpindah ke ruang hampa udara sebagai isolatornya. Dewasa ini, perkembangan teknologi sangatlah pesat [1]. Terdapat banyak piranti yang berada disekitar bekerja baik secara semi-otomatis ataupun otomatis mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks. Otomatisasi tersebut tersedia bagi masyarakat sekitar yang berguna untuk memudahkan para penggunaannya dalam memakai dan memanfaatkan piranti tersebut. Sehingga para pengguna tidak harus mengendalikan secara manual dan mampu bekerja dengan sendirinya sesuai dengan kebutuhan penggunaannya [2]. Salah satu piranti elektronik rumah tangga yang biasa digunakan untuk kebutuhan minum sehari-hari adalah dispenser. Dispenser adalah alat yang memiliki galon air minum di dalamnya sehingga orang dapat minum dengan mudah. Ini juga dapat menghasilkan air dengan berbagai tingkat suhu yang berbeda-beda sesuai keinginan. Dengan alat ini sangat memudahkan manusia untuk menyediakan dan mengkonsumsi air minum secara higienis yakni cara yang praktis tanpa harus memasak di tungku pemanas ataupun mencari es batu disaat pengguna membutuhkan air dingin. Sistem baik semi-otomatis maupun otomatis dibutuhkan agar dapat mengendalikan kinerja pemanas tersebut agar dapat memenuhi kebutuhan air dengan kondisi dan temperatur tertentu.

Penelitian terdahulu yang membahas tentang pemodelan kendali *fuzzy* dijelaskan sebagai berikut: **Pertama**, penelitian yang membahas mengenai kontrol elektronik untuk otomotif berbasis mikrokontroler yang bertujuan memberikan kemudahan dalam otomatisasi instrumentasi yang dapat dikembangkan dalam skala industri [1],[2]. **Kedua**, penelitian ini membahas mengenai kendali pada dispenser dengan *switch* otomatis dan memberikan keleluasaan sistem belajar dengan sendirinya [3][5], sedangkan penelitian [4] mengendalikan dispenser secara otomatis dengan rangkaian sirkuit elektronik namun belum terdapat kecerdasan buatan untuk memodelkan kendali temperaturnya. **Ketiga**, Algoritma logika fuzzy and algoritma genetika digunakan untuk klasifikasi *signal* tertentu dalam ranah telekomunikasi untuk mendapatkan signal yang paling relevan. Kemudian **keempat**, pendekatan kendali *fuzzy* dan digunakan untuk berbagai studi kasus untuk menangani klasifikasi dengan parameter tertentu terhadap kebutuhan sistem yang akan dibangun [8] dan **kelima**, logika *fuzzy* juga digunakan sebagai kendali untuk perangkat AC menggunakan kendali PID [11]. Selain itu, logika *fuzzy* juga digunakan dalam proses pengembangan preferensi konsumen dalam pemilihan sebuah produk berdasarkan hubungan sebab-akibat dalam pasar tertentu untuk mengetahui selera konsumen [10]. Penelitian ini membahas mengenai simulasi dari kendali logika *fuzzy* yang digunakan untuk mengatur keluaran berdasarkan kondisi masukan tertentu sebagai dasar untuk kendali pengaturan pada *thermostat* pada dispenser agar dapat memenuhi kriteria tertentu dalam mencapai temperatur air ideal.

LATAR BELAKANG

Pada tabung dispenser terpasang heater dan juga sensor suhu, yang juga dikenal sebagai thermostat. Thermostat membatasi kinerja heater agar tidak bekerja secara terus-menerus, mencegah suhu air meningkat. Pada saat temperatur air dipanaskan dengan *heater* sampai

suhu tertentu yang melebihi temperatur kerja *sensor/thermostat*, *sensor* akan bekerja dan menghentikan arus pada *heater*. Akibatnya *sensor* akan berhenti dan lampu indikator akan berubah menjadi hijau. Pada saat temperatur air menurun sampai temperaturnya dibawah temperatur kerja *sensor*, *heater* akan bekerja kembali seperti semula. Dipasang secara seri dengan pemanas, *sensor* melakukan tugas yang sama seperti saklar, tetapi bekerja secara otomatis berdasarkan perubahan suhu. Hingga saat ini, dispenser masih mengendalikan panas hanya dengan kondisi nyala dan mati pada proses pengendalian panas air.

Selanjutnya diperlukan pemodelan kendali agar pemanas yang digunakan tersebut dapat mengenali kondisi yang ada pada konsumen yang dapat dikendalikan agar sesuai dengan keluaran dari temperatur air yang dibutuhkan. Sehingga diperlukan sebuah mekanisme agar dispenser dapat membedakan diantara kondisi tiga keadaan dimana *error*, *delta error* dan *control action*. Dalam penelitian ini dibedakan tiga kondisi (kecil, sedang dan besar). Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan sebuah pemodelan yang dapat menjelaskan bagaimana pengendali termostat tersebut dapat melakukan *control action* yang terdiri dari tiga buah kondisi diatas. Percobaan ini menggunakan piranti lunak *Matlab simulink* agar didapatkan *control action* yang sesuai dengan kebutuhan air minum yang dihasilkan.

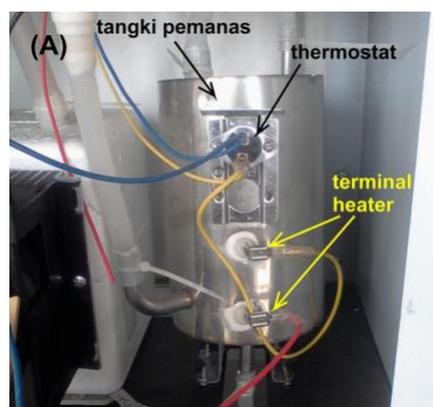
LANDASAN TEORI

A. Sistem Water Heater pada Dispenser

Dispenser adalah alat elektronik yang dapat mendinginkan maupun memanaskan air yang siap diminum untuk pengguna. Dispenser juga merupakan salah satu peralatan elektronik rumah tangga yang menggunakan daya listrik untuk menjalankan fitur-fitur seperti mendinginkan pendingin dan juga memanaskan elemen pemanas. Dispenser ada yang bekerja dengan mesin pendingin (*compressor*) dan elemen pemanas. Didalamnya terdapat komponen utama yang berfungsi membuat suhu air menjadi panas yang berada didalam tabung. Terdapat juga tombol pengaturan yang dapat dikembangkan secara otomatis kedepannya [3]. Dalam dispenser terdapat beberapa bagian diantaranya:

1) Heater/pemanas

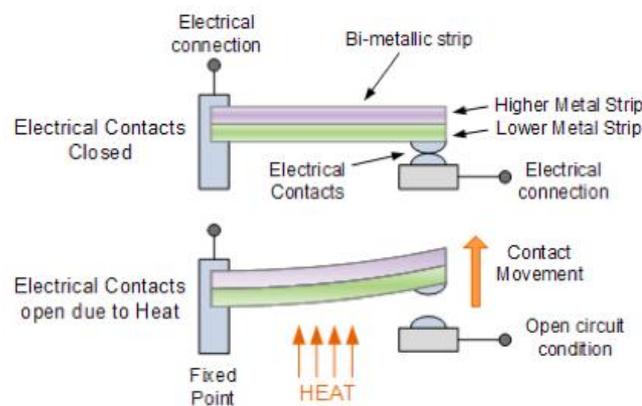
Pada tabung dispenser telah terpasang *heater/pemanas* dan *thermostat* yang memiliki fungsi untuk menghentikan pemanas untuk bekerja terus-menerus, menyebabkan suhu air dalam tabung dispenser berlebih karena *heater* akan panas dan bahkan rusak jika digunakan terlalu lama di dalamnya seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Water Heater pada Dispenser

Pada Gambar tersebut terdapat solusi untuk mengurangi resiko ini, misalnya dengan memasang thermostat untuk mengontrol suhu pada dispenser. *Sensor* akan aktif dan memutuskan aliran listrik yang mengalir ke *heater* ketika suhu air yang dipanaskan oleh *heater* mencapai titik tertentu dan melebihi suhu kerja pada *sensor/thermostat*. Akibatnya, pemanas(*heater*) akan berhenti bekerja, memastikan suhu air agar tetap terjaga sesuai kebutuhan. Hal ini terlihat pada lampu indikator yang akan berubah warna dari merah menjadi hijau. Pemanas akan menyala kembali ketika suhu air di dalam tabung turun hingga di bawah suhu pengoperasian *sensor*. Karena *sensor* dihubungkan secara seri dengan pemanas, fungsinya mirip dengan saklar, namun beroperasi secara otomatis sebagai respons terhadap perubahan suhu.

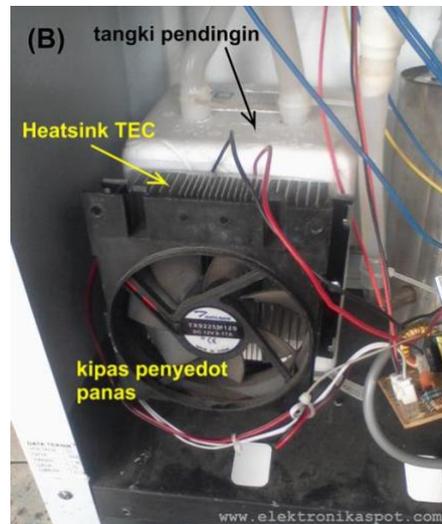
Thermostat berfungsi sebagai perangkat utama untuk mengatur suhu air dalam sistem pemanas dispenser. Selain itu thermostat ini berfungsi sebagai saklar otomatis yang mengatur aliran listrik ke *heater* atau pemanas. Karena air masih di bawah suhu yang telah ditentukan *thermostat*, thermostat akan mengirimkan arus ke pemanas. *Thermostat* akan secara otomatis mematikan arus yang disuplai ke pemanas setiap kali suhu air mencapai suhu yang diatur setelah pemanas berjalan selama waktu yang telah ditentukan [4]. Prinsip kerja pada *thermostat* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip kerja *thermostat*

2) Cooler/pendingin

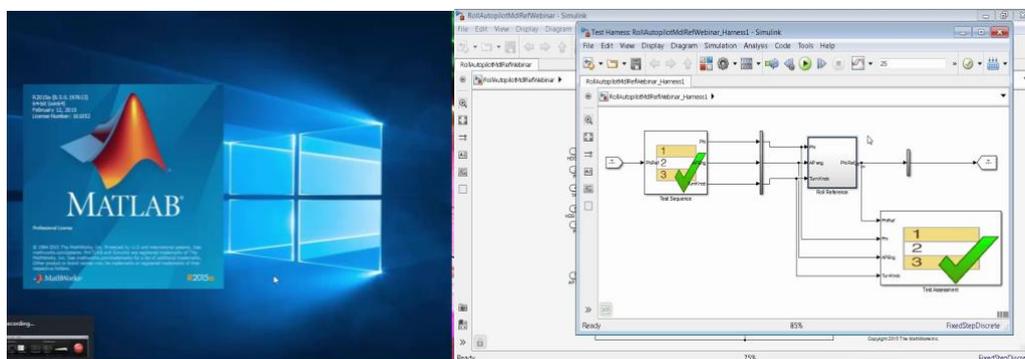
Pada umumnya penampung air pertama merupakan tempat dimulainya proses pemanasan dan pendinginan suhu air pada dispenser. Penampung ini berfungsi untuk memisahkan air menjadi aliran panas dan juga dingin. Untuk mendinginkan air menggunakan *fan*, suhu air yang tinggi harus diserap saat berada di penampungan air kedua, yaitu di bawah penampungan air pertama. Namun *fan* sebenarnya hanyalah alat untuk memperlaju pembuangan panas di dalam air. Dengan demikian, suhu air hanya akan menjadi sedikit menurun. Air akan tersedia untuk diminum melalui keran setelah melewati penampungan air kedua. [5]. *Cooler* pada dispenser disajikan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Cooler pada Dispenser

B. Piranti Lunak Matlab

Dalam semua aplikasi matematika, termasuk pengajaran dan penelitian di universitas dan industri, Matlab adalah software pemrograman kalkulasi dan analitik yang digunakan secara luas. Perhitungan matematis yang kompleks lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam program saat menggunakan Matlab. Sebuah *software* yang disebut Matlab (*Matrix Laboratory*) dikembangkan menggunakan vektor dan matriks. Karena itu, program ini pertama kali digunakan secara luas untuk mempelajari aljabar linier dan merupakan alat yang berguna untuk menyelesaikan persamaan aljabar dan diferensial serta integrasi numerik. Gambar dalam 2D dan 3D dapat dibuat dengan menggunakan kemampuan grafik yang kuat dari Matlab. Matlab juga memiliki *toolbox* yang digunakan dalam pengolahan sinyal (*signal processing*), pengolahan gambar (*image processing*), dan lain-lain disajikan seperti pada Gambar 4 [2][6].



Gambar 4. Tampilan GUI Matlab Simulink R2015a

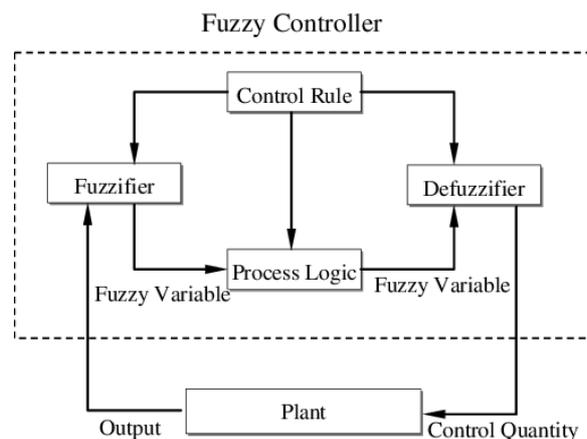
Setiap tahun, fitur-fitur baru diperkenalkan ke Matlab sebagai tanggapan atas meningkatnya permintaan akan program komputer yang menawarkan alat komputasi, simulasi dan pemodelan dengan berbagai kapasitas. *Toolbox*, *Blockset*, *Real Time Workshop*, *Stateflow*, *Simulink*, *GUIDE* dan lebih banyak fitur kini tersedia di Matlab. *Output* dari program Matlab juga dapat diekspor ke *COM*, *Web/Internet*, *Visual Basic*, *Fortran*, *Excel*, *Java*, *C/C++* dan *Fortran*. Akibatnya, keluaran Matlab dapat digabungkan untuk membuat program dengan

waktu eksekusi yang lebih cepat dan banyak titik akses. Sebenarnya ada sejumlah program perangkat lunak komputer lain yang sebanding di luar Matlab, tetapi mereka tidak memiliki kelengkapan dan tingkat pengembangan Matlab. Selain itu, Matlab dapat diakses di berbagai arsitektur komputer dan sistem operasi. Matlab masih menjadi software terbaik untuk komputasi matematik hingga saat ini, baik di komputer Macintosh maupun PC dengan sistem operasi Windows atau Linux/Unix [6][7].

C. Logika Fuzzy

Beberapa komponen dalam dunia nyata seringkali atau biasanya berada di luar parameter model matematis dan karena itu tidak tepat. Ide mendasar di balik pengembangan dalam logika fuzzy adalah ide ketidakpastian. Profesor L. A. Zadeh dari California *University* dikreditkan dengan mengembangkan logika fuzzy pada tahun 1965. Secara teori, himpunan fuzzy adalah perpanjangan dari himpunan tegas, yaitu himpunan yang mengkategorikan sekelompok orang menjadi anggota dan bukan anggota.

Logika *fuzzy* telah banyak digunakan selama beberapa tahun terakhir karena metode ini telah banyak berhasil untuk mengendalikan dan memprediksi perilaku sistem dinamis [7][8]. Logika *fuzzy* diterapkan dengan baik untuk mendefinisikan hubungan antara variabel *input* dan *output* sistem dengan menggunakan serangkaian logika atau aturan tertentu. Hal tersebut dapat diterapkan untuk proses industri yang kompleks menggunakan asumsi yang masuk akal dan prediksi kuantitatif [9][10]. Sistem kendali *fuzzy* dikembangkan menggunakan seperangkat aturan yang telah ditetapkan dan menggabungkan sistem defuzzifikasi dan inferensi *fuzzy* untuk memprediksi perilaku suatu sistem [11]. Logika *fuzzy* disajikan seperti pada Gambar 5 berikut ini.

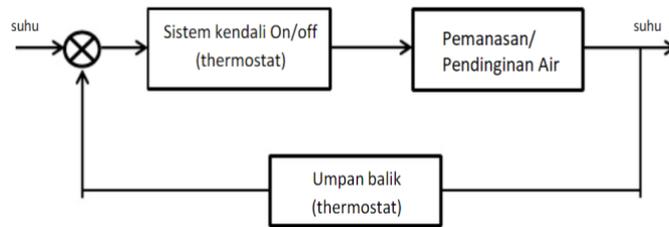


Gambar 5. Struktur dasar dari logika *Fuzzy*

D. Sistem Kendali pada Dispenser

Air suhu ruangan masuk ke tangki pemanas pada awal sistem kendali ini. Termostat akan diatur ke posisi on karena suhu di bawah titik setel termostat. Panas dihasilkan di dalam pemanas sebagai hasil dari energi listrik yang diubah menjadi arus. *Heater* memanaskan air pada tangki pemanas secara terus menerus, demikian juga ketika air yang ada dalam tangki akan didinginkan selama proses berlangsung, maka air akan didinginkan dengan *fan/cooler* yang tersedia di dalam dispenser. Selama temperatur air didalam tangki pemanas, masih berada

dibawah temperatur yang diset pada *thermostat*. Sistem kendali pada dispenser disajikan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram sistem kendali pada dispenser

Termostat akan menghentikan arus menuju pemanas setelah air mencapai suhu yang disetel untuknya. Thermostat akan beralih kembali ke posisi on, arus listrik akan mengalir kembali ke heater, dan air di dalam tangki pemanas akan kembali memanaskan saat suhu di dalam tangki pemanas turun, panas di dalam air di dalam tangki bergerak ke lingkungan, atau air panas di tangki diambil dan air dari galon masuk ke tangki pemanas. Akibatnya, selama saklar daya dihidupkan, siklus ini akan terus terjadi [4].

METODE

A. Analisis Kebutuhan Sistem

1) Spesifikasi Piranti Lunak

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa piranti lunak yaitu sistem operasi berupa Windows 10 64-bit serta piranti lunak pendukung seperti Matlab R2015a.

2) Spesifikasi Piranti Keras

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa piranti keras yang dibutuhkan dalam penelitian ini seperti *processor* Intel Core i5 serta RAM 4GB.

B. Tahapan Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam makalah ini, permasalahan menggunakan logika fuzzy metode Mamdani yang dibahas sebagai berikut:

Fuzzifikasi

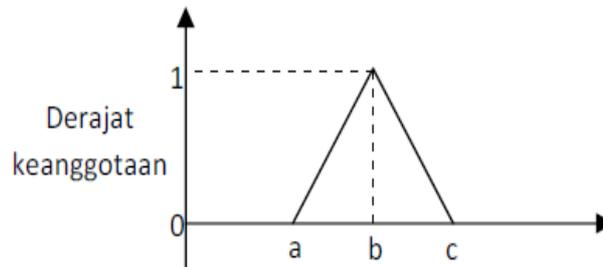
Perancangan kendali *fuzzy* bertujuan agar keluaran kendali dapat memperbaiki respon sistem. Dengan kata lain, gangguan yang ditimbulkan melalui permukaan jalan untuk masalah ini dapat diminimalkan menggunakan sinyal kendali yang dihasilkan.

1) Perancangan Basis Aturan dan Data yang digunakan

Saat ini, fungsi keanggotaan *Error*, *dError*, dan *control action* yang digunakan dalam desain ini masing-masing terdiri dari 5 segitiga. Dua jenis *plant* suspensi yang berbeda menggunakan fungsi keanggotaan yang sama untuk pekerjaan ini. Setiap fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* adalah fungsi segitiga. Fungsi ini dapat digambarkan sebagai:

$$\text{segitiga } (x; a, b, c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , a \leq x \leq b \\ 0 & , \text{lainnya} \end{cases} \quad (1)$$

Parameter {a, b, c} dengan $a < b < c$ menentukan dimana koordinat x dari 3 sudut fungsi keanggotaan segitiga. Fungsi keanggotaan segitiga dapat digambarkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan segitiga.

Dalam penugasan ini, 15 aturan yang menggabungkan fungsi keanggotaan *Error*, *dError*, dan *control action* masing-masing memiliki tiga set—berfungsi sebagai *rule* basis atau basis aturan. Setiap aturan menambahkan satu *error*(E) dan satu perubahan *error*(dE), yang merupakan input ke kontrol *fuzzy*. Aturan yang dirancang akan menentukan keluaran *fuzzy*. Baik tidaknya keluaran *fuzzy* salah satunya akan ditentukan dari aturan yang dirancang.

2) Defuzzifikasi

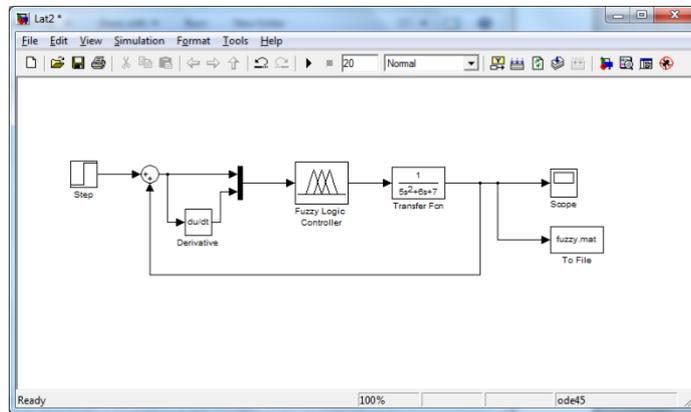
Pada tahap ini akan dilakukan konversi dari beberapa besaran linguistik yang memiliki derajat keanggotaan tertentu menjadi besaran numerik agar bisa digunakan sebagai masukan *plant* atau aktuator. Metode konversi akan menentukan keluaran sinyal kendali *fuzzy*. Penentuan metode defuzzifikasi tergantung dari karakteristik keluaran yang diinginkan. Pada makalah ini, metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode titik berat (*center of area*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui percobaan simulasi menggunakan piranti lunak Matlab yang telah dilakukan didapatkan hasil penelitian sebagai berikut ini:

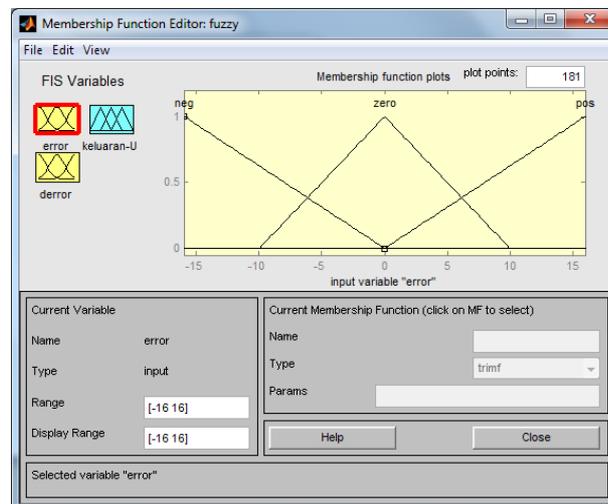
A. Fuzzifikasi dan Penentuan Signal Kendali

Pada proses pembuatan simulasi pada *plant* ini digunakan desain simulasi seperti pada Gambar 8 berikut. Input terhubung ke dalam blok diagram *sink*/titik temu antara masukan dengan arah signal balik sistem. Pada sistem ini digunakan fungsi *step* sebagai masukan sistem kemudian masukan tersebut bercabang menjadi dua buah masukan bagi pengendali *fuzzy* dan dikeluarkan kembali *output* sistem melalui fungsi transfer sehingga hasilnya dapat diamati dalam *scope* sebagai sebuah grafik kendali.



Gambar 8. Rancangan awal untuk *plant* pada Matlab *Simulink*

Set fuzzy yang dibangun adalah seperangkat temperatur *input fuzzy* dalam kisaran [16 hingga -16], *set fuzzy* dengan gerakan *input* dalam kisaran [0 hingga 1], *set fuzzy* dengan input cuaca dalam kisaran [-30 hingga 30] dan *fuzzy* mengatur *output AC* dalam kisaran [0 hingga 1] disajikan seperti pada Gambar 9. Untuk pembagian masing-masing wilayah *negative*, *zero* dan *positive* antara lain (1) *negative* berkisar antara [-16 hingga 0], (2) *zero* berkisar antara [-16 hingga 16] dan *positive* berkisar antara [0 hingga 16].



Gambar 9. Penentuan parameter bilangan *crisp* untuk masukan sistem sebagai fungsi keanggotaan

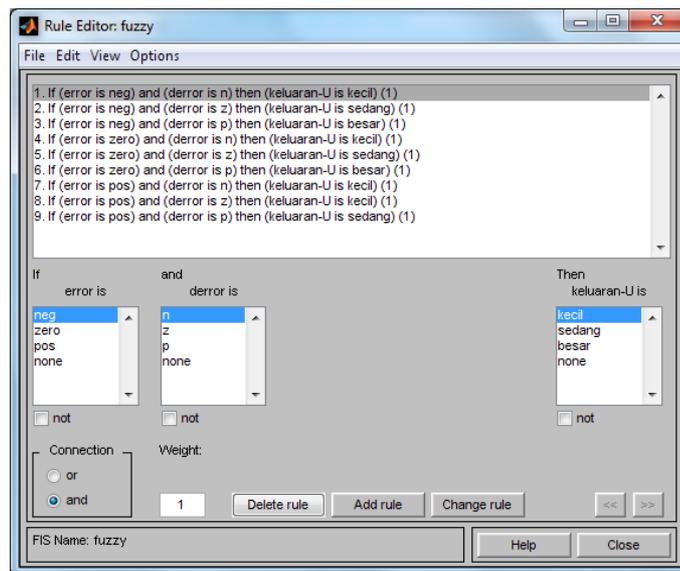
B. Perancangan basis data dan basis aturan

Pada tahapan ini digunakan kombinasi basis aturan tertentu agar dapat menentukan nilai keluaran yang bersesuaian seperti yang disajikan oleh tabel 1.

Tabel 1. Perancangan basis aturan untuk sistem pemanas/pendinginan dispenser

E/dE	<i>negative</i>	<i>zero</i>	<i>positive</i>
negative	kecil	sedang	kecil
zero	kecil	kecil	besar
positive	kecil	kecil	besar

Perancangan basis aturan menunjukkan aturan dasar yang digunakan dan menyatakan bahwa perubahan keluaran (U) pada sistem atau *plant* yang harus diberikan dengan adanya kombinasi *error* (E) dan perubahan *error* (dE) pada *input* pengendali sesuai dengan baris dan kolom yang bersangkutan. Basis aturan disajikan seperti pada Gambar 10.

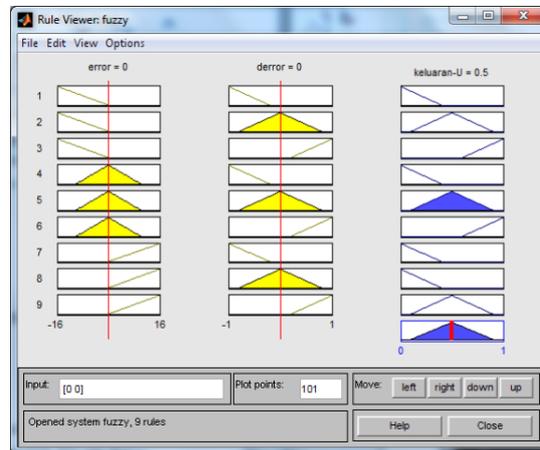


Gambar 10. Perancangan basis aturan yang telah dimasukkan dari fungsi keanggotaan

Sedangkan untuk implementasi pada *Simulink* melalui Tabel 2 tersebut yang menghasilkan beberapa input berupa kombinasi *error* (E) dan perubahan *error* (dE) serta keluaran berupa *action control* dapat dirumuskan basis aturan seperti pada Gambar 10 berikut dimana terbentuk 9 buah aturan dasar untuk sistem *fuzzy* ini.

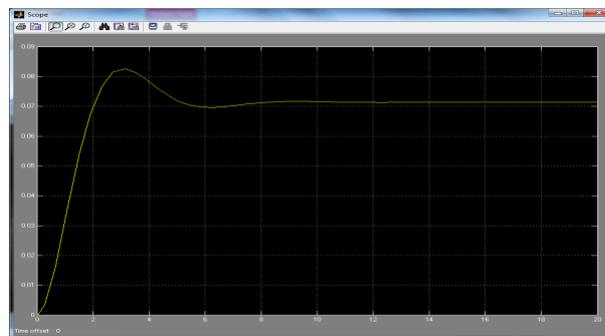
C. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi ini dilakukan setelah seluruh rangkaian dapat berjalan sebagaimana mestinya. Dari gambar ini, dapat dilihat data yang dimasukkan sesuai dengan 9 buah aturan dan sesuai dengan analisis yang dilakukan di bagian 5.2. Lebih khusus lagi, jika terdapat *error* kecil, dengan delta *error* dianggap kecil (mendekati 0) dan maka keluaran untuk pemanas adalah 0, demikian seterusnya disesuaikan untuk aturan terkait. Proses defuzzifikasi telah berjalan dengan tepat sesuai dengan basis aturan yang telah dirancang sebelumnya seperti yang disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Visualisasi hasil defuzzifikasi

Setelah dilakukan defuzzifikasi maka nilai keluaran tersebut dikonversi ke nilai semula, yakni dikembalikan kembali ke nilai *step* [0 hingga 1] menggunakan fungsi alih yang telah ditentukan seperti yang disajikan pada Gambar 12. Berikut ini merupakan hasil kendali logika *fuzzy* pada sistem pemanas dispenser untuk scope *Simulink* yang telah didapatkan pada penelitian ini. Tampak pada grafik gambar 12 menunjukkan area *overshoot* untuk proses *rise timenya* adalah detik ke 2 sedangkan pada detik ke 0 hingga detik ke 3 untuk *peak timenya*, kemudian didapatkan *settle time* minimum pada detik ke 6 dan *settle time maksimum* pada detik ke 3 hingga *settling time* pada detik ke 12. Setelah detik ke 12 inilah sistem telah stabil untuk melakukan pengendalian pada sistem.



Gambar 12. Grafik Kendali Fuzzy pada *scope* sistem

KESIMPULAN

Melalui uraian yang telah disampaikan pada bab sebelumnya, peneliti dapat menyimpulkan Penerapan sistem logika *fuzzy* tidak memerlukan model matematis yang terperinci dari sistem dan bahwa kinerja optimal dari sistem kendali yang dirancang dapat dicapai dengan menggunakan logika manusia. Dalam penelitian ini digunakan *rule base* sebanyak 9 aturan untuk mendapatkan keluaran yang diinginkan. Formulasi fuzzifikasi, basis pengetahuan, inferensi, dan defuzzifikasi menghasilkan sistem kendali untuk sistem otomasi dispenser telah berjalan sebagaimana mestinya. Mekanisme pengendalian ini merupakan purwarupa aplikasi otomatisasi untuk pengaturan panas yang dapat digunakan sebagai dasar sistem pengendalian selanjutnya dalam kehidupan nyata. Pada penelitian ini diperlukan proses penalaan ulang pada simulasi ataupun mencoba merubah signal masukan dan fungsi alih agar didapatkan grafik *control action* yang sesuai dan lebih mencerminkan sistem yang sesungguhnya dan diharapkan dapat diterapkannya purwarupa awal berupa aplikasi *embedded system* dan memperhatikan spesifikasi yang memadai dengan aturan fuzzy yang telah

disediakan. Dengan demikian keluaran yang diharapkan pengguna dapat tercapai sebagaimana mestinya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Kemenristek Dikti dan LPPM Universitas Tidar dalam dukungan baik secara material maupun spiritual sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Parsi, L. Zhang, and V. Masek, "Disposable Off-Chip Micro-Dispenser for Accurate Droplet Transportation," *IEEE Sens. J.*, vol. 19, no. 2, pp. 575–586, 2019.
- [2] P. Tarigan, S. Sinurat, and M. Sinambela, "Implementation of a Mamdani fuzzy logic controller for building automation using electronic control based on AT89S51," *Proc. 2015 Int. Conf. Technol. Informatics, Manag. Eng. Environ. TIME-E 2015*, pp. 87–92, 2016.
- [3] Z. Chen and Y. He, "A smart power saver based on composite switch and self-learning fuzzy control for drinking water dispenser," *2016 IEEE Int. Conf. Power Renew. Energy, ICPRE 2016*, pp. 275–278, 2017.
- [4] F. Rohman, "Desain Sistem Kendali Otomatis Sistem Water Heater pada Dipsenser." [Online]. Available: http://www.academia.edu/9295570/sistem_kendali_otomatis_pada_dispenser.
- [5] G. Heart, "Prinsip Kerja Sensor Dispenser." [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/79744003/Dispenser>.
- [6] "Mengenal Mathlab," 2019. [Online]. Available: <http://www.komputasi.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1226803624>. [Accessed: 05-Jan-2018].
- [7] Z. Weihong, X. Shunqing, and M. Ting, "A fuzzy classifier based on Mamdani fuzzy logic system and genetic algorithm," in *Proceedings - 2010 IEEE Youth Conference on Information, Computing and Telecommunications, YC-ICT 2010*, 2010, pp. 198–201.
- [8] Y. Hao, D. Yongsheng, L. Shaokuan, and S. Shihuang, "Typical Takagi-Sugeno and Mamdani fuzzy systems as universal approximators: necessary conditions and comparison," *Fuzzy Syst. Proceedings, 1998. IEEE World Congr. Comput. Intell. 1998 IEEE Int. Conf.*, vol. 1, pp. 824–828 vol.1, 1998.
- [9] S. H. I. Naizheng, L. I. Junmin, and Y. Lunle, "Adaptive Fuzzy Control of Nonlinear Systems Based on Multiple Inputs T-S Fuzzy Bilinear Model," in *31st Chinese Control Conference, 2012*, pp. 3449–3454.
- [10] K. Y. Chan, H. K. Lam, T. S. Dillon, and S. H. Ling, "A Stepwise-Based Fuzzy Regression Procedure for Developing Customer Preference Models in New Product Development," *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, vol. 23, no. 5, pp. 1728–1745, 2015.
- [11] L. Li and D. Jia, "Research on Air conditioning system of subway station based on fuzzy PID control," in *Proceedings - 2017 4th International Conference on Information Science and Control Engineering, ICISCE 2017*, 2017, pp. 1131–1134.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)