JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 5, No. 1, Juni 2020, Hal. 93-100
Terakreditasi "**Peringkat 3"** oleh Kemenristek/BRIN, Nomor SK: 85/M/KPT/2020
DOI: 10.31544/jtera.v5.i1.2020.93-100
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

Sistem Kendali Mesin *Emulsifying Mixer* Menggunakan *Fuzzy Logic* Tipe Mamdani

Fajar Mustofa[#], Muhammad Reza Hidayat
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Jend. Sudirman, Cimahi 40531, Jawa Barat, Indonesia
[#]mustofajar99@gmail.com

Abstrak

Otomatisasi dalam suatu pengontrolan sebuah alat sudah menjadi keharusan terutama di dalam sebuah industri. Saat ini banyak terdapat mesin yang masih memerlukan campur tangan manusia seperti contoh dalam memantau suhu atau viskositas suatu produk. Salah satunya adalah mesin *emulsifying mixer* yang digunakan pada industri kosmetik dan makanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem kendali mesin *emulsifying mixer* menggunakan *fuzzy logic* tipe Mamdani. Sistem yang akan dibuat adalah miniatur mesin *emulsifying mixer* dengan mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno. Sistem memiliki masukan berupa sensor suhu dan sensor pH dengan keluaran berupa putaran kecepatan motor sebagai pengaduk bahan. *Fuzzy logic* pada sistem ini bertujuan untuk mengontrol *output* yang dikeluarkan sesuai dengan *fuzzy rule* tipe Mamdani. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang mampu mengendalikan kecepatan putaran motor berdasarkan suhu dan pH. Berdasarkan pengujian yang dilakukan masih terdapat selisih dari nilai aktual *fuzzy* dengan simulasi Matlab. Rata-rata *error* yang dihasilkan yaitu sebesar 3,5% dan 2,48% pada dua suhu pengujian yang berbeda.

Kata kunci: *emulsifying mixer*, logika *fuzzy*, putaran motor, Mamdani

Abstract

Automation in controlling a device that has become the main focus in an industry. Today many machines that are still needed are mixed with human hands such as the example in monitoring the temperature or the viscosity of a product. One of them is a mixer emulsifying machine used in the cosmetics and food industries. The purpose of this study is to design a systems that able to control mixer emulsifying machines using Mamdani fuzzy logic. The system to be made is a miniature mixer emulsifying machine with a microcontroller used is Arduino Uno. The system has an input consisting of a temperature sensor and a pH sensor with a replacement consisting of a motor speed as a stirring material. Fuzzy logic in this system is designed to control the output issued in accordance with the Mamdani type fuzzy rules. The results showed that the control system was designed to be able to control motor speed based on temperature and pH. Based on the testing conducted there is still a difference from the actual value of fuzzy with Matlab simulation. The average error produced was 3.5% and 2.48% at two different test temperatures.

Keywords: *emulsifying mixer, fuzzy logic, motor rotation, Mamdani*

I. PENDAHULUAN

Sering kali dalam melakukan proses produksi, waktu dalam melakukan proses pencampuran bahan menjadi hal yang sering diperhatikan untuk melihat seberapa efisien produksi yang dilakukan dalam satu kali waktu. Untuk memaksimalkan waktu tersebut, perusahaan memakai teknologi yang dapat menunjang proses produksi yang dapat menghasilkan hasil produk yang maksimal [1]. Dalam beberapa hal, teknologi ini sering kali membuat perusahaan untuk melakukan pelatihan kepada operator produksi baik yang lama maupun yang baru untuk bisa menjalankan mesin produksi tersebut [2]. Namun, tidak semua operator tersebut dapat langsung mengerti keadaan bahan produksi tersebut seperti pada suhu, viskositas, kelembaban, volume air, dan derajat keasaman (pH). Dalam hal ini, tentunya diperlukan mesin produksi yang dapat menunjang kebutuhan tersebut guna untuk meminimalisir kesalahan yang sering terdapat pada proses produk dan menjaga kualitas produk [3].

Diterima: 12 Maret 2020; Direvisi: 7 April 2020; Disetujui: 29 April 2020
JTERA, Vol. 5, No. 1, Juni 2020

© 2020 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

Emulsifier merupakan bahan tambahan pada produk farmasi dan makanan yang berfungsi sebagai penstabil pada emulsi. *Mixer* adalah suatu alat elektro mekanik multiguna yang digunakan sebagai pengaduk bahan baku makanan, zat tertentu, dan berbagai jenis bahan baku lainnya. Penggunaan alat ini tentu tidak lepas dari sistem kendali. Penggunaan *emulsifying mixer* ini bertujuan untuk mencampurkan dan mempertahankan konsistensi dan bentuk produk agar tidak mudah terpisah [4].

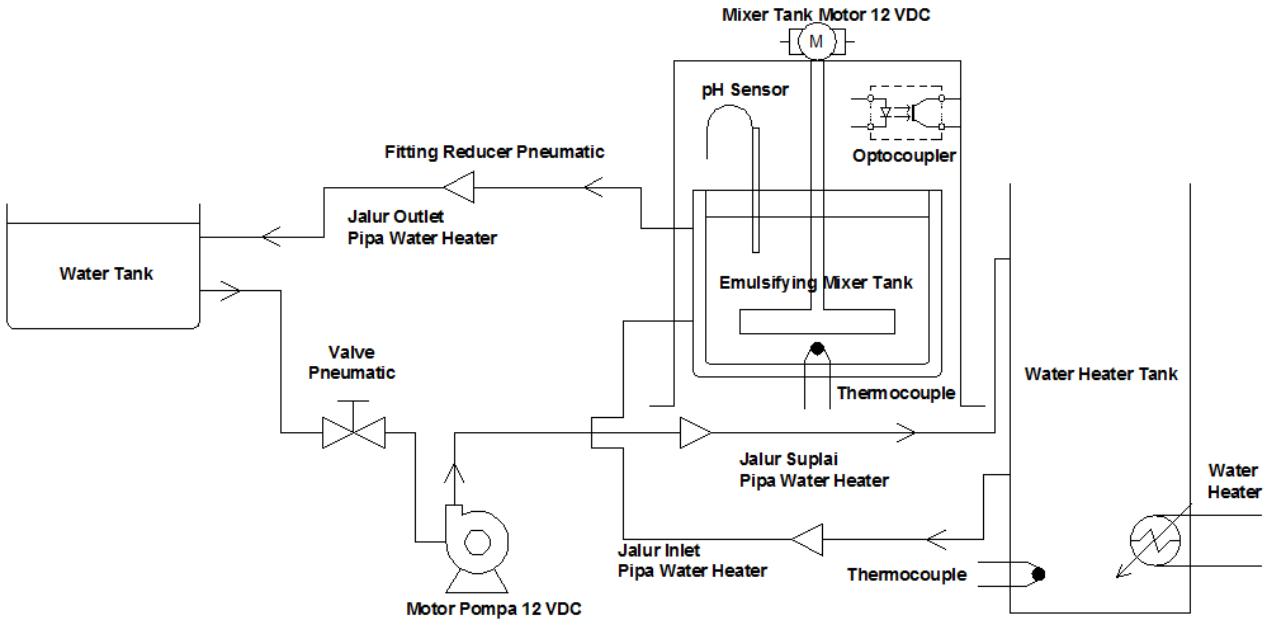
Sebuah metode sistem kendali diperlukan oleh mesin *emulsifying mixer* agar sistem mampu bekerja secara otomatis. Berbagai metode kendali dapat diterapkan seperti *fuzzy logic*. Metode ini telah banyak digunakan sebagai pengendali beberapa sistem seperti suhu [5] dan sistem irigasi [6]. Salah satu alasan pengontrolan pada *emulsifying mixer* menggunakan *fuzzy logic* adalah *mixer* yang digunakan oleh perusahaan belum bersifat kendali umpan balik. Hal ini menyebabkan pengguna *mixer* membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih [7]. Proses pengontrolan *emulsifying mixer* dapat menggunakan logika *fuzzy* dengan masukan berupa suhu dengan derajat keasaman. Hasil pengontrolan berupa putaran motor yang bergerak sebagai pengaduk larutan berupa zat cair dengan beberapa jenis cairan yang digabung [8]. Sistem *fuzzy logic* ini juga akan membuat mesin akan mengatur waktu pengadukan secara otomatis tanpa memerlukan lagi sebuah *timer* sehingga akan membuat efisiensi dalam melakukan pekerjaan proses produksi pencampuran bahan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem kendali pada miniatur *emulsifying mixer* menggunakan metode *fuzzy logic* tipe Mamdani. Sistem dibuat dalam bentuk miniatur untuk mengetahui apakah bisa diimplementasikan pada mesin sesungguhnya di industri [9]-[12]. Metode *fuzzy logic* dirancang untuk mengendalikan kecepatan motor berdasarkan masukan suhu dan derajat pH. Untuk proses validasi pengujian, pada penelitian ini juga dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak Matlab.

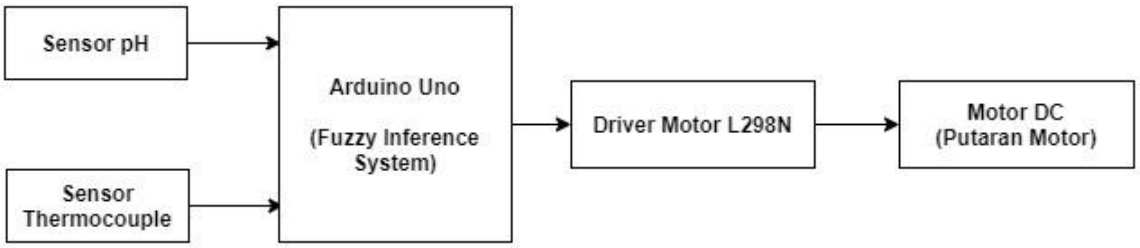
II. METODE PENELITIAN

A. *Plant Emulsifying Mixer Tank*

Gambar 1 merupakan *plant emulsifying mixer tank* yang akan dikendalikan pada penelitian ini. Pada sistem tersebut terdapat tiga tangki yaitu *water tank*, *water heater tank*, dan *emulsifier mixer tank*. Motor pompa 12 V berfungsi mendorong suplai air dari *water tank* ke *water heater tank* yang selanjutnya dipanaskan sesuai dengan pengaturan pada *thermocontrol*. Air yang sudah dipanaskan di dalam *water heater tank* dialirkan secara gravitasi ke *mixer tank* sebagai pemanas dalam *double jacket tank* untuk memanaskan produk yang dibuat. Air yang telah terpakai dalam *double jacket tank* kembali ke *water tank* untuk ditampung kembali dan digunakan kembali. Proses ini berlanjut sama secara terus-menerus. Penelitian ini difokuskan pada pengendalian kecepatan motor yang berfungsi melakukan proses *mixing* pada *emulsifying mixer tank* berdasarkan suhu dan kadar pH dari cairan.



Gambar 1. ***Plant emulsifying mixer tank***



Gambar 2. Diagram blok perangkat keras

B. Perancangan Perangkat Keras

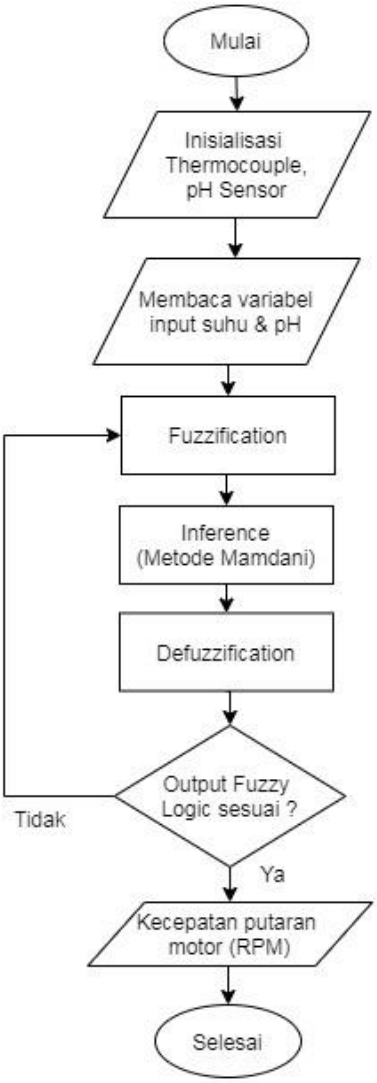
Diagram blok perangkat keras yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2. Seperti dapat dilihat bahwa sistem yang dibuat menggunakan sistem *loop* terbuka dengan dua buah masukan dan satu keluaran. Pada bagian masukan terdapat sensor suhu *thermocouple* dan sensor pH. *Fuzzy logic* diimplementasikan dalam bentuk pemrograman dan ditanamkan di mikrokontroler Arduino dengan tipe Mamdani. Pada bagian keluaran terdapat motor DC yang diasumsikan sebagai kecepatan pengadukan dalam mesin *emulsifying mixer*.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Gambar 3 menunjukan proses kontrol *plant system mixer* saat bekerja. Sensor *thermocouple* berfungsi untuk membaca suhu yang terpantau di dalam tangki dan sensor pH mendeteksi derajat keasaman di dalam tangki tersebut. Setelah pembacaan sensor *thermocouple* dan pH dilakukan, mikrokontroler Arduino sebagai perangkat kendali utama akan memproses data berdasarkan parameter-parameter *fuzzy logic* berupa suhu dan derajat pH tesebut. Mikrokontroler akan mulai menginsialisasi data pada *thermocouple* dan sensor pH. Nilai *input* suhu dari *thermocouple* dan nilai *input* pH dari sensor pH masuk ke mikrokontroler kemudian akan diproses dua nilai tersebut menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe Mamdani. Dalam FIS ini terdapat tiga proses yang dilakukan yaitu *fuzzification*, *inference*, dan *defuzzification* untuk mendapatkan *output* putaran motor. Jika *output* putaran motor yang didapatkan sudah sesuai dengan nilai yang diinginkan, maka motor DC melakukan putaran dan mengaduk bahan di dalam tangki *mixer* secara otomatis tanpa *timer* sesuai dengan data dari *fuzzy logic.*

D. Perancangan Fuzzy Logic

Pada perancangan *fuzzy logic* ini, peneliti menggunakan jenis fungsi keanggotaan trapezium yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

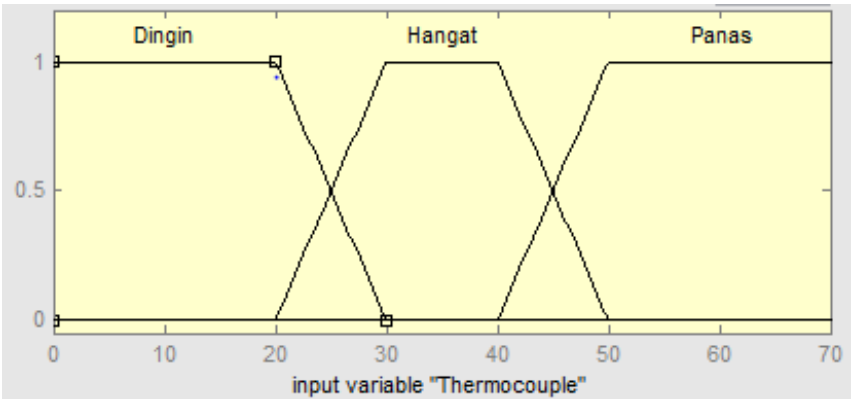


Gambar 3. Diagram alir kontrol *plant system*

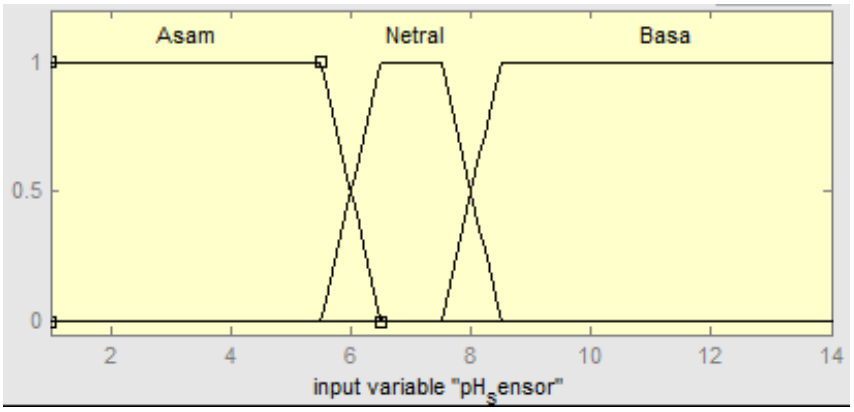
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \le a \; atau \; x \ge d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \le x \le b \\ 1; & a \le x \le c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & x \ge d \end{cases} \quad (1)$$

dengan $\mu[x]$ adalah derajat keanggotaan terhadap nilai x, a adalah nilai minimum fungsi keanggotaan trapesium, b dan c adalah nilai tengah fungsi

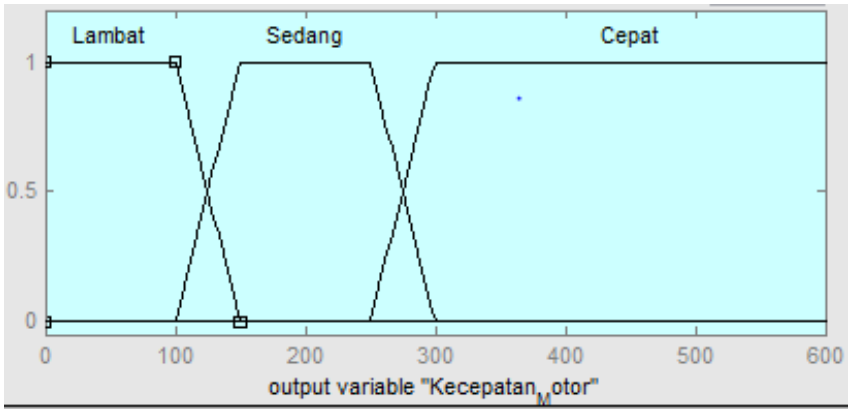
keanggotaan trapesium, dan *d* adalah nilai maksimum fungsi keanggotaan trapesium. Penentuan nilai keanggotaan ini berdasarkan pada variabel *input thermocouple*. Dengan himpunan dingin, hangat, dan panas. Fungsi keanggotaan tiap himpunan dapat dilihat pada Gambar 4 dengan nilai rentang 0^{o}C-70^{o}C. Penentuan nilai keanggotaan pada variabel *input* sensor pH juga dirancang menggunakan fungsi keanggotaan trapesium dengan himpunan asam, netral, dan basa. Fungsi keanggotaan tiap himpunan derajat pH dapat dilihat pada Gambar 5 dengan nilai rentang pH 0-14. Penentuan nilai keanggotaan pada variabel *output* kecepatan motor dirancang dengan himpunan lambat, sedang, dan cepat juga menggunakan fungsi keanggotaan trapesium. Fungsi keanggotaan tiap himpunan dapat dilihat pada Gambar 6 dengan nilai rentang 0-600 RPM.



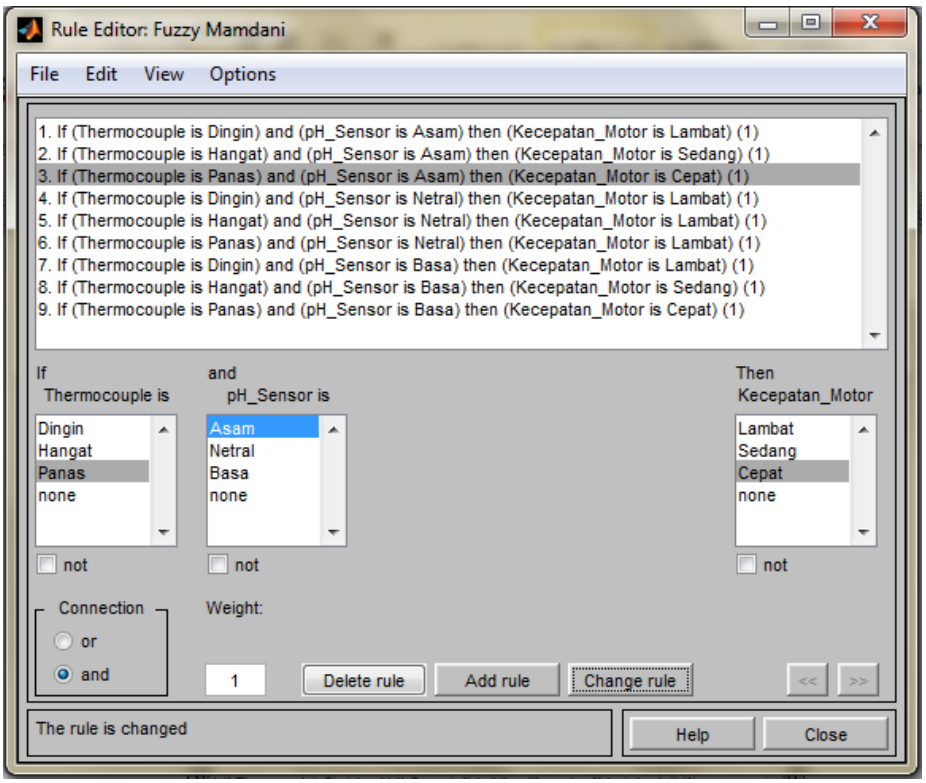
Gambar 4. Fungsi keanggotaan *thermocouple*



Gambar 5. Fungsi keanggotaan sensor pH



Gambar 6. Fungsi keanggotaan kecepatan motor



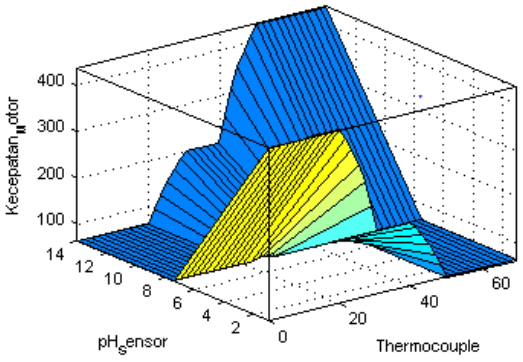
Gambar 7. *Fuzzy rule* sistem *emulsifying mixer*

Tabel 1. Aturan *fuzzy thermocouple* dan pH

Fuzzy Rule		**pH**		
		Asam	**Netral**	**Basa**
Thermo-couple	**Dingin**	Cepat	Lambat	Lambat
	Hangat	Sedang	Lambat	Sedang
	Panas	Lambat	Lambat	Cepat

Setelah menentukan nilai keanggotaan tiap variabel *input* dan *output*, selanjutnya adalah membuat aturan *fuzzy* yang ditunjukan pada Tabel 1. Aturan *fuzzy* menunjukkan hubungan *input thermocouple* dan sensor pH dengan *output* kecepatan motor.

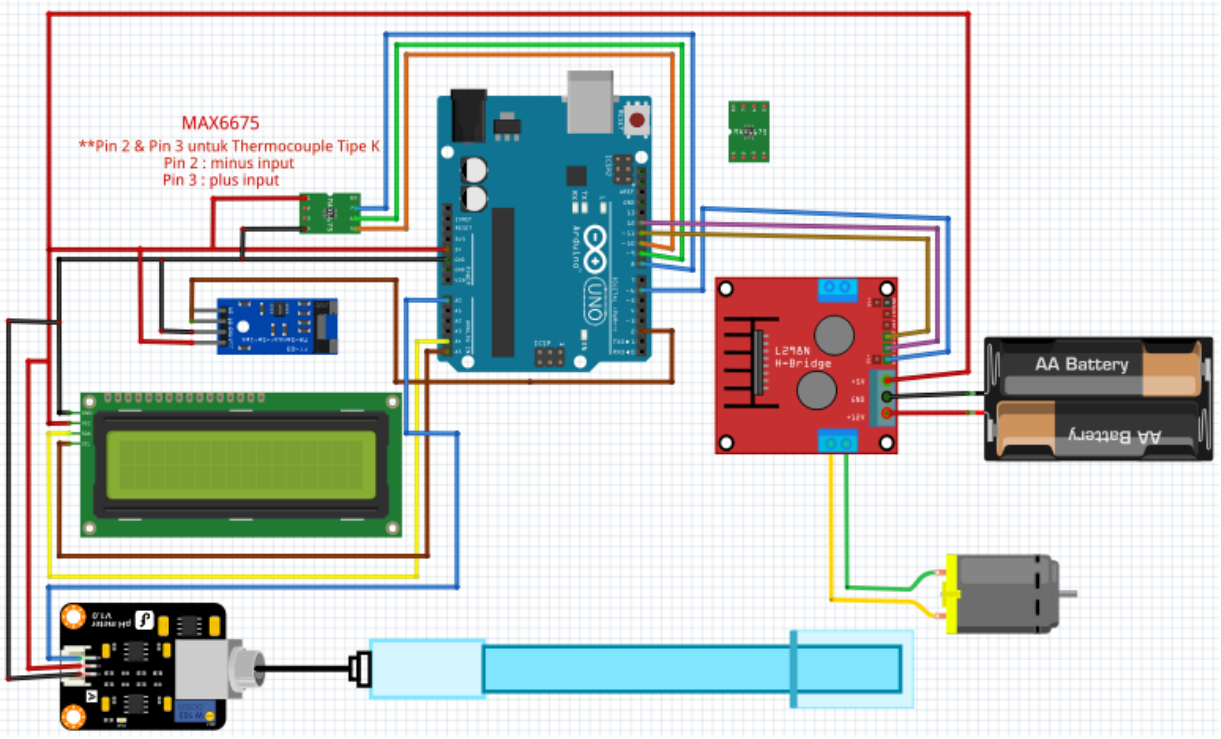
Aturan *fuzzy* dibuat pada *fuzzy rule* pada perangkat Matlab sesuai dengan aturan pada Tabel 1. *Fuzzy rule* dibuat dengan sembilan aturan menggunakan hubungan *and*. Cara menambahkan aturan adalah dengan memilih hubungan *input* dan *output* kemudian *add rule*. Gambar 7 menunjukkan sembilan buah *fuzzy rule* yang dibuat pada simulasi Matlab. Pada Gambar 8 dapat dilihat diagram *surface* untuk rancangan *fuzzy rule* yang dibuat dengan *input* suhu dan derajat keasaman serta *output* berupa kecepatan motor.



Gambar 8. Diagram *surface*

E. Perancangan Sistem Elektronika

Gambar 9 merupakan rangkaian elektronika yang dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai pusat pengendalian sistem alat dengan menggunakan metode *fuzzy logic*. *Input* menggunakan *thermocouple* dengan menggunakan modul MAX6675 untuk menghubungkan *thermocouple* dengan Arduino. Selain itu, sensor pH digunakan untuk mengetahui kadar derajat keasaman pada *mixer tank*. *Output* menggunakan motor DC 12V untuk mengaduk bahan pada *mixer tank* dengan menggunakan modul *driver* motor DC tipe L298N. L298N adalah jenis *driver* motor yang dapat mengendalikan arah putaran dan kecepatan motor DC ataupun motor *stepper* yang mampu mengeluarkan *output* sebesar 50 V [13].



Gambar 9. Rangkaian elektronika sistem yang dibuat

Untuk *controller plant emulsifying mixer tank* yang digunakan adalah Arduino dengan spesifikasi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2. Untuk *input* suhu yang digunakan adalah *thermocouple* tipe K dengan spesifikasi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3. Untuk *input* derajat keasaman yang digunakan adalah pH sensor dengan spesifikasi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Spesifikasi Arduino Uno

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan operasi	5V
Tegangan *input*	7-12V
Batas tegangan *input*	6-20V
Pin digital I/O	14 (dimana 6 pin *output* PWM) + A10
Pin analog *input*	6
Arus DC per I/O pin	40 mA
Arus DC untuk pin	3,3V 50 mA
Flash memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (Atmega328)
EEPROM	1 KB (Atmega328)
Clock	16 MHz

Tabel 3. Spesifikasi *thermocouple* tipe K

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan kerja	3-5,5V DC
Arus	50 mA
Temperature resolution	0,25 °C
Temperature range	0-1024 °C
SPI *output pins*	GND VCC SCK CS SO

Tabel 4. Spesifikasi pH sensor

Spesifikasi	Keterangan
Pemanasan tegangan	0,2V (AC - DC)
Arus kerja	5-10 mA
Deteksi kisaran konsentrasi	PH 0-14
Jangkauan deteksi suhu	0-80°C
Waktu respon	< 5 S
Waktu stabilitas	< 60 S
Konsumsi daya	0,5 W
Suhu kerja	-10°C - 50°C (nominal suhu 20°C)
Output	Analog sinyal *output* tegangan

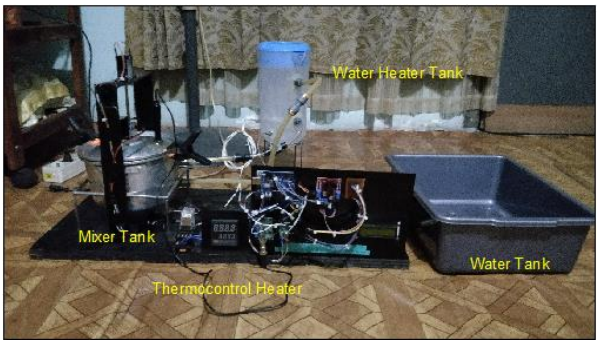
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Implementasi Sistem*

Gambar 10 merupakan bentuk keseluruhan fisik dari *plant miniatur emulsifying mixer tank*. Pada *plant* ini terdapat *controller plant* yang digunakan adalah Arduino Uno dengan *input* sensor menggunakan *thermocouple* sebagai sensor suhu dan pH sensor sebagai sensor derajat keasaman. *Output* yang digunakan adalah motor DC untuk mengaduk produk yang akan dicampur pada *mixer tank*.

B. *Pengujian Sistem*

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan pengujian bahan yang dilakukan dengan beberapa sampel untuk melihat sistem apakah sesuai dengan nilai yang ditetapkan pada *fuzzy rule* yang dibuat atau belum. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian bahan dipanaskan saat suhu mencapai 50^{o}C menggunakan *water heater*. *Input* berupa suhu dideteksi menggunakan *thermocouple* tipe K dan pH menggunakan pH sensor. *Output* motor berupa RPM dalam tabel terdapat dua perbandingan yaitu *Fuzzy* Matlab dan nilai aktual. *Fuzzy* Matlab merupakan hasil dari *fuzzy logic* yang sudah dihitung sesuai dengan *fuzzy rule* dengan menggunakan perangkat Matlab, sedangkan nilai aktual merupakan hasil dari *fuzzy logic* yang sudah dihitung sesuai dengan *fuzzy rule* dengan mikrokontroler Arduino. Nilai *error* merupakan selisih antara nilai *fuzzy* Matlab dengan aktual pada alat.



Gambar 10. *Plant* miniatur *emulsifying mixer tank*

Tabel 5. Pengujian *water heater* pada suhu 50°C

Input		***Output* Motor (RPM)**		***Error* (%)**
Suhu (°C)	**pH**	***Fuzzy* Matlab**	**Nilai Aktual**	
40,00	1,51	200	192,95	3,5
40,00	1,51	200	192,95	3,5
40,00	1,51	200	192,95	3,5
40,00	1,50	200	192,95	3,5
40,00	1,50	200	192,95	3,5

Fuzzy Matlab menghasilkan nilai RPM sebesar 200 RPM, sedangkan untuk nilai aktual menghasilkan *output* RPM sebesar 192,95 RPM. Nilai *error* yang didapat rata-rata sebesar 3,5% sebanyak lima kali percobaan. Untuk perhitungan nilai *error* diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$Error = \frac{Nilai\ terbaca - Nilai\ aktual}{Nilai\ terbaca} X\ 100\% \quad (2)$$

Tabel 6 menunjukkan pengujian bahan dipanaskan saat suhu mencapai 70^{o}C menggunakan *water heater*. *Input* berupa suhu menggunakan *thermocouple* tipe K dan pH menggunakan pH sensor. *Output* motor berupa RPM dalam tabel terdapat dua perbandingan yaitu *Fuzzy* Matlab dan nilai aktual.

Fuzzy Matlab menghasilkan nilai RPM sebesar 61,8 RPM, sedangkan untuk nilai aktual menghasilkan *output* RPM sebesar 63,33 RPM. Nilai *error* yang didapat rata-rata sebesar 2,48 % sebanyak lima kali percobaan.

Pada pengujian yang telah dilakukan didapati bahwa nilai *error* yang terjadi dengan mengambil sampel sebanyak lima percobaan terdapat nilai *error* sebesar 2%-3,5 % antara simulasi dengan pada *plant*. Hal ini terjadi dengan dipengaruhi beberapa faktor antara lain adanya *noise* pada rangkaian kontrol, perubahan arus listrik yang tidak stabil, serta sensor yang sensitif terhadap perubahan cairan yang dideteksinya. Untuk dapat meminimalisir hal tersebut, ada beberapa hal yang dapat dilakukan antara lain menggunakan *controller* yang cocok sesuai dengan spesifikasi kebutuhan alat serta sensor yang digunakan memiliki keakuratan yang lebih baik dengan penelitian yang sebelumnya.

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan, pengendali *fuzzy logic* dapat mengendalikan putaran motor sesuai masukan suhu dan pH larutan. Sistem kendali yang dirancang masih bersifat *open loop* seperti pada [5] dan [6]. Jika sistem dibuat *closed loop*, maka kecepatan motor akan menjadi *setpoint* pengendalian dengan masukan *fuzzy* berupa nilai *error* dan perubahannya seperti pada [14]. Perbedaannya terletak pada karakteristik sistem kendali dimana pada sistem *closed loop* nilai pembacaan sensor akan diumpanbalikkan ke bagian kontroler untuk memperbaiki nilai *error*. Meskipun sistem yang dibuat *open loop*, hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat dicapai sesuai dengan harapan.

Tabel 6. Pengujian *water heater* pada suhu 70°C

Input		*Output* Motor (RPM)		*Error* (%)
Suhu (°C)	pH	*Fuzzy* Matlab	Nilai Aktual	
68,00	1,28	61,8	63,33	2,48
68,00	1,30	61,8	63,33	2,48
68,00	1,30	61,8	63,33	2,48
68,00	1,28	61,8	63,33	2,48
68,00	1,30	61,8	63,33	2,48

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian yang dilakukan, sistem kontrol pada miniatur *emulsifying mixer tank* ini menghasilkan *output* yang stabil sebesar 63,33 RPM pada saat suhu *heater* 70℃ dan 192,95 RPM. Pada saat suhu *heater* 50℃ juga berkesesuaian dengan nilai simulasi Matlab sebesar 61,8 RPM pada saat suhu *heater* 70℃ dan 200 RPM pada saat suhu *heater* 50℃. Selisih yang didapatkan dari nilai aktual *fuzzy* Arduino Uno dan *fuzzy* simulasi Matlab memiliki rata-rata *error* dengan nilai yang stabil sebesar 3,5% dan 2,48% selama dari lima kali percobaan. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan implementasi pada mesin secara langsung serta bisa ditambahkan bahan *emulsifier* yang lainnya sebagai perbandingan bahan pengujian yang sebelumnya dan membandingkan hasil *output* putaran motor yang dikeluarkan.

REFERENSI

[1] B. S. Siregar, A. N. Jati, and D. Darlis, "Analisis Logika *Fuzzy* Sebagai Metode Kendali Pada Mesin Pencampuran Zat Cair," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 2, no.1, pp. 625-630, 2015.

[2] D. L. Rahakbauw, F. J. Rianekuay, and Y. A. Lesnussa, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani untuk Memprediksi Jumlah Produksi Karet (Studi Kasus: Data Persediaan Dan Permintaan Produksi Karet pada PTP Nusantara XIV (Persero) Kebun Awaya, Teluk Elpaputih, Maluku - Indonesia)," *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, vol. 16, no. 1, pp. 119-127, 2019.

[3] R. N. Aini, "Optimasi Konsentrasi Pengemulsi Terhadap Tingkat Pengembangan dan Daya Terima Roti Tawar Berbahan Dasar Tepung Singkong," *Disertasi Doktor*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015.

[4] A. F. Saragih, P. Pangaribuan, and A. S. Wibowo, "Sistem Kendali *Mixer* Otomatis di Industri Makanan," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 3106-3113, 2017.

[5] F. Wahab, A. Sumardiono, A. R. Al Tahtawi, and A. F. A. Mulayari, "Desain dan Purwarupa Fuzzy Logic Control Untuk Pengendalian Suhu Ruangan," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8, 2017.

[6] F. Suryatini, M. Maimunah, and F. I. Fauzandi, "Implementasi Sistem Kontrol Irigasi Tetes Menggunakan Konsep IoT Berbasis Logika Fuzzy Takagi-Sugeno," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 4, no. 1, pp. 115-124, 2019.

[7] S. Romadhan, B. Setiyono, and S. Sumardi, "Menggunakan Kontrol *Fuzzy* Untuk Pengaturan Suhu Cairan Berbasis Atmega16," *Transient*, vol. 3, no. 4, pp. 90-95, 2014.

[8] M. Abrori and A. H. Prihamayu, "Aplikasi Logika Fuzzy Metode Mamdani dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Produksi," *Kaunia* vol. XI, no. 2, pp. 91-99, 2015.

[9] I. S. Doraya, "Pengaruh *Emulsifier* Terhadap Stabilitas Emulsi *Salad Dressing* dari Minyak Kedelai dan Air Jeruk Lemon," *Tugas Akhir Diploma Fakultas Teknik*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.

[10] I. W. R. Ardana and I. P. Sutawinaya, "Pemodelan Sistem Kontroler Logika *Fuzzy* Pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Perangkat Lunak Matlab/Simulink," *Jurnal Matrix*, vol. 7, no. 1, pp. 1-6, 2017.

[11] J. Nasir and J. Suprianto, "Analisis *Fuzzy Logic* Menentukan Pemilihan Motor Honda Dengan Metode Mamdani," *Penelitian Bidang Komputer Sains dan Pendidikan Informatika*, vol. 3, no. 2, pp.177-186, 2017.

[12] B. Fechera, J. Kustija, and S. Elvyanti, "Optimasi Penggunaan *Membership Function* Logika *Fuzzy* pada Kasus Identifikasi Kualitas Minyak Transformator," *Electrans*, vol. 11, no. 2, pp. 27-35, 2012.

[13] A. Adriansyah and O. Hidyatama, "Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan *Microcontroller* Arduino Atmega 328p", *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 4, no.3, pp. 100-112, 2013.

[14] F. Isdaryani, "Desain Pengendali pH pada Continous Stirred Tank Reactor (CSTR) menggunakan Kontrol Fuzzy," in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 2019, p. 115-120.