



Fuzzy Mamdani Pada Tanaman Tomat Hidroponik (Mamdani Fuzzy on Hydroponics Tomato Plants)

Budi Prasetya ¹⁾, Aries Boedi Setiawan ²⁾, Basitha Febrinda Hidayatulail ³⁾

^{1,2,3)} Universitas Merdeka Malang, Program Studi Teknik Elektro, Malang, Indonesia

¹⁾ syauqi1605@gmail.com

²⁾ aries@unmer.ac.id

³⁾ basitha@unmer.ac.id

Abstract. *Tomato plants are one of the many agricultural commodities needed by the community. Most farmers grow tomatoes in conventional ways in the fields, fields or plantations without the control and measurement relying on experience and habitual factors, so the need for pH and temperature of the planting space of tomato plants cannot be given according to their needs, while the pH requirements of tomato plants range 6.5 and the planting room temperature is 28 °C, and soil moisture is 70 %, using the hydroponic planting method which is automatically controlled by the Arduino-based microcontroller with the application of fuzzy mamdani making it easy to do pH setting of planting media using soil pH sensor as input and temperature of planting room using LM35 temperature sensor, and soil moisture sensor using humidity sensor fc28, as the system output fan and selenoid valve are used. To find out plant nutrition, one of the indicators is the pH value of soil media, room temperature and humidity of the planting medium.*

Keywords: Fuzzy Mamdani; Hydroponics; Nutrition; Automation; Tomatoes.

Abstrak. Tanaman Tomat merupakan salah satu komoditas pertanian yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat. Kebanyakan petani menanam tomat dengan cara konvensional disawah, ladang atau dikebun tanpa adanya kontrol dan pengukuran hanya mengandalkan pengalaman dan faktor kebiasaan saja, sehingga kebutuhan pH dan suhu ruang tanam dari tanaman tomat tidak dapat diberikan sesuai kebutuhannya, adapun kebutuhan pH dari tanaman tomat 6,5 dan suhu ruang tanam 28°C, dan kelembaban tanah sebesar 70% menggunakan metode tanam hidroponik yang dikontrol secara otomatis oleh mikrokontroler berbasis arduino dengan penerapan *fuzzy mamdani* memudahkan dalam melakukan pengaturan pH media tanam menggunakan sensor pH tanah sebagai *input* dan suhu ruang tanam menggunakan sensor suhu LM35, serta sensor kelembaban tanah menggunakan sensor kelembaban fc28, sebagai *output* sistem digunakan *fan* dan *selenoid valve*. Untuk mengetahui nutrisi tanaman salah satu indikatornya adalah nilai pH media tanah, temperatur ruangan dan kelembaban media tanam.

Kata Kunci: Fuzzy Mamdani; Hidroponik; Nutrisi; Otomasi; Tomat.

LATAR BELAKANG

Revolusi industri 4.0 merupakan penerapan aplikasi teknologi otomatisasi akan digunakan di semua bidang industri, salah satunya adalah industri pertanian. Indonesia merupakan negara agraris dimana kebanyakan dari masyarakatnya berprofesi sebagai petani, sektor pertanian berperan sangat vital sebagai sumber ketersediaannya pangan bagi masyarakat, cuaca yang buruk dapat mempengaruhi hasil panen yang tidak sesuai yang diharapkan, sehingga para petani saat ini sangat tergantung terhadap kondisi alam dan cuaca sekitar [1]. Sehingga untuk meningkatkan hasil panen perlu adanya perubahan metode dalam mengelola pertanian dimasa depan terhadap perubahan iklim yang ada [2]. Hidroponik merupakan salah satu metode bercocok tanam yang sesuai dengan kondisi saat ini dengan tidak menggunakan tanah sebagai media tanamnya, namun yang perlu diperhatikan dan dikontrol adalah nutrisi yang diberikan harus sesuai dengan kebutuhan tanaman [3]. Hidroponik *drip* merupakan salah satu metode dari sistem hidroponik yaitu dengan cara meneteskan nutrisi untuk mendapatkan keseimbangan nutrisi, pH pada media tanam dan kelembaban media tanam. Pengaturan dan pemberian larutan pH, kelembaban media tanam dan suhu ruangan dapat dikontrol secara otomatis dengan menggunakan *fuzzy mamdani* untuk memudahkan dalam melakukan pengawasan dan pengaturan pH dan suhu ruangan sesuai dengan kebutuhan tanaman tomat.

METODE PENELITIAN

Fuzzy Logic

Fuzzy logic merupakan konsep yang sejak lama sudah ada pada diri kita, namun beberapa tahun terakhir, ditemukan beberapa metode logika *fuzzy* salah satunya adalah *fuzzy mamdani* dengan konsep yang lebih moderen, sederhana dan mudah diaplikasikan. 3 tahapan untuk mengimplementasikan *fuzzy logic* yaitu [4]:

1. Fuzzification

Fuzzification adalah suatu proses pengubahan input atau masukan dari bentuknya tegas (*crisp*) menjadi bentuk fuzzy dan

biasanya dikeluarkan dalam himpunan *fuzzy*.

1. Interference System

Interference System acuan dalam menjelaskan relasi variabel *input* dan *output* dimana variabel proses dan keluarannya berbentuk *fuzzy*. “*If-Then*” biasanya digunakan untuk menjelaskan relasi antara *input* dan *output*.

1. Defuzzification

Defuzzification adalah proses dimana variabel yang bentuknya *fuzzy* diubah menjadi data pasti (*crisp*) sehingga data ini dapat dikirimkan ke alat-alat kendali [5].

Arduino Uno

Arduino merupakan *open source electronic board*. Arduino dibuat dengan tujuan untuk mempermudah dalam penggunaannya, memiliki bahasa program sendiri dan menggunakan prosesor jenis Atmel AVR. Fungsi utama dari arduino adalah sebagai pengendali [6].

[Figure 1 about here.]

Arduino Uno memiliki spesifikasi seperti di jelaskan pada tabel 1.

[Table 1 about here.]

Soil Moisture Sensor Fc28

Kelembaban media tanam dapat diukur dengan menggunakan sensor kelembaban. Sensor ini memiliki konstruksi yang sederhana, namun memiliki fungsi mendeteksi kadar air dalam tanah yang sangat ideal. Untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban dalam tanah digunakan dua *probe* untuk menghantarkan arus pada media yang diukur nilai kelembabannya. Pengukuran nilai kelembaban dipengaruhi nilai kadar air pada media atau tanah yang diukur [7].

Gambar 2. menunjukkan bentuk dari *Soil moisture sensor FC-28*, arus dari sensor ini sebesar 35mA dengan tegangan *input* 3,3 Vdc atau 5 Vdc dan tegangan *output* dari 0 Vdc sampai dengan 4 Vdc.

[Figure 2 about here.]

Sensor pH Tanah

Sensor pH tanah ini digunakan untuk mengukur pH media tanam dengan cara memasukan stik kedalam media tanam dengan kedalaman 6 cm dari ujung stik. pH antara 0 hingga 14 adalah skala untuk mengukur nilai keasaman atau kebasahan suatu benda. pH antara 0 hingga 7 merupakan skala nilai sifat asam, dan skala nilai pH 7 hingga 14 merupakan nilai skala sifat basa [8]. Karakteristik dari sensor pH tanah ini adalah sebagai berikut :

1. Vin : 5Vdc
2. Koefisien Linieritas data pH : 0.9962
3. Kedalaman Tanah (Ujung Sensor) : 6 cm
4. Support arduino
5. Rumus Umum Persamaan Konversi data Konduktifitas :

Gambar 3. Menunjukkan bentuk dari sensor pH Tanah jenis stik

[Figure 3 about here.]

Sensor Suhu LM35

National Semiconductor memproduksi sensor suhu jenis analog dengan *output* berupa tegangan analog diantaranya adalah sensor type LM35 digunakan untuk mengukur suhu ruang atau suatu benda. Sensor LM35 ini memiliki 3 kaki yang terdiri dari pin kaki *input* tegangan positif, *output* pada A0, dan *input* GND.

Karakteristik dari sensor suhu LM35 ini adalah sebagai berikut :

1. Vin : 5Vdc
2. Faktor Skala Linier : + 100mV/°C
3. Memiliki Kerapatan : 0.5°C pada 25°C
4. Jangkauan Suhu : 55°C s/d 150°C
5. Low Self Heating
6. Support arduino

Gambar 4. menunjukkan bentuk fisik dari sensor suhu LM35

[Figure 4 about here.]

Solenoid valve

Solenoida / Kumparan digunakan untuk mengatur katup / *solenoid valve* dengan mengatur *power source* yang masuk. Pada sistem hidrolis atau pneumatik dalam pengaturan *fluida* yang menuju ke aktuator menggunakan *solenoid valve* sebagai katup otomatis. Apabila kumparan dialiri tegangan listrik sesuai tegangan kerjanya maka akan menghasilkan gaya magnet. Gaya magnet yang dihasilkan dan menarik sebuah pin. Maka *fluida* dapat mengalir melalui katup utama. Untuk melihat penggunaan *solenoid valve* pada sistem pneumatik [9]. Adapun bentuk *solenoid valve* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar.

[Figure 5 about here.]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Blok Diagram

Dalam merancang alat pada proses awal dibuat blok diagram untuk mempermudah proses implementasinya. Dimana arduino berfungsi sebagai mikrokontroller dari semua sistem yang mendapatkan masukan-masukan atau parameter dari sensor pH, sensor kelembaban, dan sensor suhu untuk mendapatkan data yang akurat yang disimpan pada data *logger* dan ditampilkan pada LCD dengan *output selenoid* dan *fan* untuk mengatur nilai-nilai parameter yang dibutuhkan untuk tumbuh kembang tanaman tomat yang optimal. Gambar 6. Menunjukkan blok diagram sistem.

[Figure 6 about here.]

Flowchart

[Figure 7 about here.]

Gambar 7. Menunjukkan *flowchart* dimana rancangan sistem akan dibuat menggunakan Sensor pH, sensor kelembaban dan sensor suhu mendapat *power* dari mikrokontroller, sensor-sensor tersebut memberikan sensing dari pembacaan kondisi pH, kelembaban media tanam dan suhu ruang tanam, berupa tegangan yang menjadi *input-an* mikrokontroller sebesar 0 sampai 5 Volt, besaran tegangan *output* sensor dirubah oleh mikrokontroller menjadi nilai linguistik dan diproses dengan metode *fuzzy*.

Untuk menjalankan program sistem otomasi pemberi larutan nutrisi ini telah dibuat beberapa aturan yang dijalankan pada proses *fuzzy inference*, setelah proses *fuzzy inference* tersebut proses terakhir adalah defuzzifikasi yang bertujuan untuk mendapatkan nilai penegasan sehingga *output* sistem dapat berfungsi sesuai rancangan yang telah dibuat, *output* sistem otomasi ini berupa fan, selenoid 1 dan selenoid 2. Tegangan *output* dari sensor selain difuzzikan juga dikonversikan dalam nilai pH, nilai suhu (°C) dan kelembaban (%) yang selanjutnya ditampilkan pada *liquid crystal diode*.

Fuzzy

Pada penelitian ini menggunakan *fuzzy logic* metode Mamdani atau sering disebut juga dengan metode min-max, dengan proses defuzzifikasi menggunakan metode *Centroid* [10]

1. Variabel Fuzzy

Pada penelitian ini variabel terdiri dari tiga inputan yaitu pH media tanam tomat, kelembaban dan suhu

ruang tanam dengan output adalah selenoid dan fan dengan nilai variabel didapat dari pengujian dan kalibrasi alat yang digunakan, Sehingga didapatkan nilai yang lebih akurat.

Gambar 8. menunjukkan fungsi keanggotaan dari variabel pH media tanam Tomat.

[Figure 8 about here.]

[Figure 9 about here.]

Input suhu ruang tanam fungsi keanggotaannya ditunjukkan pada Gambar 10.

[Figure 10 about here.]

[Figure 11 about here.]

gambar 12. menunjukkan fungsi keanggotaan dari variabel pH media tanam Tomat.

[Figure 12 about here.]

[Figure 13 about here.]

2. Variabel output

Variabel *output* terdiri dari tiga yaitu *fan*, *selenoid 1* dan *selenoid 2* dengan nilai variabel didapat dari pengujian dan kalibrasi alat yang digunakan, Sehingga didapatkan nilai yang lebih akurat. Tabel 2. Menunjukkan *Mambership Function* “*Output*”.

[Table 2 about here.]

Gambar 11. menunjukkan fungsi keanggotaan dari variabel *output fan*.

[Figure 14 about here.]

Perhitungan nilai fungsi keanggotaan *output fan* ditunjukkan pada persamaan (10), (11) dan (12).

[Figure 15 about here.]

gambar 16. menunjukkan fungsi keanggotaan dari variabel *output Selenoid 1*.

[Figure 16 about here.]

Perhitungan nilai fungsi keanggotaan *output Selenoid 1* ditunjukkan pada persamaan (13), (14) dan (15).

[Figure 17 about here.]

Gambar 18. menunjukkan fungsi keanggotaan dari variabel *output Selenoid 2*.

[Figure 18 about here.]

gambar 19. Perhitungan nilai fungsi keanggotaan *output selenoid 2* ditunjukkan pada persamaan (16), (17) dan (18).

[Figure 19 about here.]

3. Perhitungan Fuzzy

Pada pengujian *fuzzy* kali ini menggunakan contoh kasus dengan nilai pH media tanam adalah 4, suhu ruang tanam sebesar 25°C dan kelembaban sebesar 30%. Selanjutnya bagaimana kerja dari *fan* dengan kondisi sesuai data sebelumnya. Tahapan dalam menentukan kerja dari *fan* adalah sebagai berikut :

a. Menentukan Himpunan Fuzzy

Variabel pH dibagi menjadi tiga himpunan yaitu rendah, sedang dan tinggi, maka tingkat keanggotaan variabel pH media tanam 4 yaitu $\mu_R(4) = 1$, $\mu_S(4) = 0$, $\mu_T(4) = 0$, maka didapatkan hasil pH media tanam kondisi rendah dengan tingkat keanggotaan 100%.

Variabel suhu dibagi menjadi tiga himpunan yaitu dingin, hangat dan panas, maka tingkat keanggotaan variabel suhu 25°C yaitu $\mu_{Dingin}(25) = 0$, $\mu_{Hangat}(25) = 1$, $\mu_{Panas}(25) = 0$, maka didapatkan hasil suhu kondisi hangat dengan tingkat keanggotaan 100%.

Variabel Kelembaban dibagi menjadi tiga himpunan yaitu kering, sedang dan basah, maka tingkat keanggotaan variabel kelembaban 30% yaitu $\mu_{Kering}(10) = 0.8$,

$\mu_{Sedang}(10) = 0.2$, $\mu_{Basah}(10) = 0$, maka didapatkan hasil kelembaban kondisi Kering dengan tingkat keanggotaan 80% dan kondisi Sedang dengan tingkat keanggotaan 20%.

b. Fungsi Implikasi

Pada tahap ini fungsi *MIN* digunakan untuk membuat aturan dengan mengambil tingkat keanggotaan yang paling rendah dari variabel *input* untuk *output*. Dengan aturan sebagai berikut :

1. Output Fan

[R1] Jika pH adalah rendah, suhu adalah sedang dan kelembaban adalah kering maka *fan* adalah SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{pHRendah} \cap \mu_{SuhuSedang} \cap \\ &\mu_{KelembabanKering} \\ &= \min(\mu_{pHRendah}(4), \mu_{SuhuSedang}(25), \\ &\mu_{KelembabanKering}(10)) \\ &= \min(1;1;0.8) \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

[R2] Jika pH adalah rendah, suhu adalah sedang dan kelembaban adalah sedang maka *fan* adalah SEDANG

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{pHRendah} \cap \mu_{SuhuSedang} \cap \mu_{KelembabanKering} \\ &= \min(\mu_{pHRendah}(4), \mu_{SuhuSedang}(25), \\ &\mu_{KelembabanSedang}(10)) \\ &= \min(1;1;0.2) \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

2. Output Selenoid 1

[R1] Jika pH adalah rendah, suhu adalah sedang dan kelembaban adalah kering maka Selenoid 1 adalah Besar

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{pHRendah} \cap \mu_{SuhuSedang} \cap \mu_{KelembabanKering} \\ &= \min(\mu_{pHRendah}(4), \mu_{SuhuSedang}(25), \\ &\mu_{KelembabanKering}(10)) \\ &= \min(1;1;0.8) \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

[R2] Jika pH adalah rendah, suhu adalah sedang dan kelembaban adalah sedang maka Selenoid 1 adalah Besar

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{pHRendah} \cap \mu_{SuhuSedang} \cap \mu_{KelembabanKering} \\ &= \min(\mu_{pHRendah}(4), \mu_{SuhuSedang}(25), \\ &\mu_{KelembabanSedang}(10)) \\ &= \min(1;1;0.2) \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

3. Output Selenoid 2

[R1] Jika pH adalah rendah, suhu adalah sedang dan kelembaban adalah kering maka Selenoid 2 adalah Kecil

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{pHRendah} \cap \mu_{SuhuSedang} \cap \mu_{KelembabanKering} \\ &= \min(\mu_{pHRendah}(4), \mu_{SuhuSedang}(25), \\ &\mu_{KelembabanKering}(10)) \\ &= \min(1;1;0.8) \\ &= 0.8 \end{aligned}$$

[R2] Jika pH adalah rendah, suhu adalah sedang dan kelembaban adalah sedang maka Selenoid 2 adalah Kecil

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{pHRendah} \cap \mu_{SuhuSedang} \cap \mu_{KelembabanKering} \\ &= \min(\mu_{pHRendah}(4), \mu_{SuhuSedang}(25), \\ &\mu_{KelembabanSedang}(10)) \\ &= \min(1;1;0.2) \\ &= 0.2 \end{aligned}$$

c. Komposisi Aturan

Komposisi aturan dibuat untuk mendapatkan daerah solusi *fuzzy*, dengan cara menyimpulkan nilai keanggotaan yang paling tinggi dari fungsi implikasi dan gabungan kesimpulan dari masing-masing aturan. Berikut ini merupakan daerah solusi *fuzzy* :

$$\begin{aligned} \mu_{sf}(x) &= \max\{\mu_{FSD}(x)\} \\ &= \max\{0.8\} \end{aligned}$$

Titik potong aturan adalah ketika $\mu_{FanSedang} = 0.8$, nilai x dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} x &= 56,25 + 56,25 (0,8) \\ x &= 56,25 + 45 \\ x &= 101,25 \end{aligned}$$

Maka didapatkan fungsi keanggotaan daerah solusi sebagai berikut :

$$\mu_{Fan} = \{0,8 ; 101,25 \leq x \leq 168,75\}$$

Titik potong aturan adalah ketika $\mu_{Sel1 Besar} = 0.8$, nilai x dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} x &= 112,5 + 56,25 (0,8) \\ x &= 112,5 + 45 \\ x &= 157,5 \end{aligned}$$

Maka didapatkan fungsi keanggotaan daerah solusi sebagai berikut :

$$\mu_{Selenoid\ 1} = \{0,8 ; 157,5 \leq x \leq 225\}$$

Titik potong aturan adalah ketika $\mu_{Sel.2\ Kecil} = 0.8$, nilai x dapat ditentukan sebagai berikut :

$$x = 0 + 56,25 (0,8)$$

$$x = 0 + 45$$

$$x = 45$$

Maka didapatkan fungsi keanggotaan daerah solusi sebagai berikut :

$$\mu_{Selenoid\ 2} = \{0,8 ; 45 \leq x \leq 112,5\}$$

d. Defuzzifikasi

Pada tahap terakhir adalah merubah himpunan *fuzzy* menjadi bilangan real, dengan cara *defuzzifikasi* atau penegasan, pada penelitian ini menggunakan metode *Centroid*. Dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 3.

[Table 3 about here.]

Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dengan menggunakan simulator *software* dan pengujian pada *output voltage* mikrokontroller menuju ke aktuator (*fan, selenoid 1 dan selenoid 2*).

Gambar 20. menunjukkan *rules viewers fuzzy mamdani* hasil simulasi *fuzzy mamdani* menggunakan *software*.

[Figure 20 about here.]

Gambar 21. menunjukkan *surface viewers fuzzy Output Fan* hasil simulasi uji coba *fuzzy mamdani* menggunakan *software*.

[Figure 21 about here.]

Gambar 22. menunjukkan *surface viewers fuzzy Output Selenoid 1* hasil simulasi uji coba *fuzzy mamdani* menggunakan *software*.

[Figure 22 about here.]

Gambar 23. menunjukkan *surface viewers fuzzy Output Selenoid 2* hasil simulasi uji coba *fuzzy mamdani* menggunakan *software*.

[Figure 23 about here.]

Pengujian selanjutnya adalah pengukuran pada *output* mikrokontroller menuju *fan, selenoid 1 dan selenoid 2* menggunakan Avometer digital, dengan besaran nilai ditunjukkan pada Tabel 4.

[Table 4 about here.]

Proses pengujian selanjutnya pada tanaman tomat yang terkontrol secara otomatis menggunakan metode *fuzzy mamdani* dan tanpa kontrol dengan perbandingan data dapat dilihat pada Tabel 5.

[Table 5 about here.]

KESIMPULAN

Dari data pengujian dan analisis didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada saat kondisi nilai pH media tanam adalah 4, suhu ruang tanam sebesar 25°C dan kelembaban sebesar 30% didapatkan nilai perhitungan defuzzifikasi dan pengukuran pada aktual pada *output* dengan kondisi sama yaitu :
 - a. Fan kondisi Sedang selisih pengukuran 4%
 - b. Selenoid 1 Kondisi besar selisih pengukuran 6%.
 - c. Selenoid 2 kondisi kecil selisih pengukuran 1%
2. Tanaman yang diperlakukan secara otomatis dengan metode *fuzzy mamdani* memiliki keunggulan diantaranya yaitu :
 - a. Tinggi pohon 70 cm lebih tinggi 9 cm, dibandingkan tanpa kontrol hanya 61cm.
 - b. Jumlah buah lebih banyak 21, tanpa kontrol hanya 12 buah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Abbas, R. Syam, & B. Jaelani, “Rancang Bangun Sebagai Tempat Budidaya Tanaman Menggunakan Solar Cell Sebagai Sumber Listrik,” *Proceeding Semin, Nas. Tah. Tek. Mesin, no. Snttm Xiv*, pp. 7–8, 2015.
- [2] N. Fajrin, L. Kamelia, N. Ismail, & J. ., “Rancang Bangun Sistem Kendali Pencahayaan Dan Penyiraman Bunga Chrysanthemum Sp Di Greenhouse Berbasis Internet of Things,” *Tek. Elektro UIN*, pp. 1–78, 2017.
- [3] Y. Trisnawati & A. I. Setiawan, Jakarta, 2005, *Budidaya Tomat Secara Komersial*. Penebar Swadaya.
- [4] M. A. Wijaya, A. Boedi, & J. Saputra, “Implementasi Fuzzy Logic Terhadap Pengukuran Kecepatan dan Penentuan Arah Angin,” *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [5] E. Ketaren, “Pemanfaatan Fuzzy Logic Dalam Sistem Penerimaan Pegawai Baru,” *J. TIMES*, vol. 4, no. 2, pp. 57–60, 2016.
- [6] A. Pali & Gusthaf, “Sistim Selektor Munisi Untuk Industri Militer Dengan Teknologi Mikrokontroler,” *Seminar Nasional Sistem Informasi (SENASIF)*, vol. 1, no. 1, 2017.

- [7] C. P. Yahwe, I. Isnawaty, & L. M. F. Aksara, 2016.
- [8] I. Kustanti, M. A. Muslim, & E. Yudaningsy, "Pengendalian Kadar Keasaman (pH) Pada Sistem Hidroponik Stroberi Menggunakan Kontroler PID Berbasis Arduino Uno," *J. Mhs. TEUB*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [9] M. A. Hamzah, B. Setiyono, & S. Sumardi, "Perancangan Plant Alat Pembuat Sirup Buah Otomatis Dengan Kontrol PI Sebagai Pengendali Suhu Cairan Berbasis ATMEGA16," *TRANSIENT*, vol. 3, no. 4, pp. 664–669, 2015.
- [10] E. Sonalitha, B. Nurdewanto, S. Ratih, N. R. Sari, A. B. Setiawan, & P. Tutuko, "Comparative Analysis of Tsukamoto and Mamdani Fuzzy Inference System on Market Matching to Determine the Number of Exports for MSMEs," *2018 Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)*, pp. 440–445, 2018.

Conflict of Interest Statement: The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2019 Author [s]. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Received: 2019-07-29

Accepted: 2019-10-24

LIST OF TABLES

I	spesifikasi Arduino Uno	8
II	<i>Mambership Function "Output"</i>	9
III	<i>Defuzzifikasi dengan Metode Centroid</i>	10
IV	<i>Output</i> Mikrokontroler Hasil <i>Fuzzy</i>	11
V	Perbandingan Tanaman Tomat Terkontrol dan Tanpa Kontrol	12

TABEL I. SPESIFIKASI ARDUINO UNO

Microcontroller	Atmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

T_{ABEL} II. *Mambership Fungtion "Output"*

Output	Kondisi	Range
Fan	Pelan	[0-112,5]
	Sedang	[56,25-168,75]
	Kencang	[112,5-225]
Solenoid 1	Kecil	[0-112,5]
	Sedang	[56,25-168,75]
	Besar	[112,5-225]
Solenoid 2	Kecil	[0-112,5]
	Sedang	[56,25-168,75]
	Besar	[112,5-225]

T_{ABEL} III. Defuzzifikasi DENGAN Metode Centroid

Output	Defuzzifikasi	Kondisi
Fan	135	Sedang
Solenoid 1	191,25	Besar
Solenoid 2	78,75	Kecil

TABEL IV. *Output* MIKROKONTROLLER HASIL *Fuzzy*

Output	Volt	Prosentase	PWM	Kondisi
Fan	6,7	56%	125,63	Sedang
Solenoid 1	10,9	91%	204,38	Besar
Solenoid 2	4,3	36%	80,63	Kecil

TABEL V. PERBANDINGAN TANAMAN TOMAT TERKONTROL DAN TANPA KONTROL

Tanaman Tomat Dengan kontrol Fuzzy		Tanaman Tomat Tanpa Kontrol	
Tinggi Tanaman	Jumlah Buah	Tinggi Tanaman	Jumlah Buah
70 Cm	21 Buah	61 Cm	12 Buah

LIST OF FIGURES

1	menunjukkan bentuk dari arduino uno	14
2	Soil Moisture Sensor	15
3	Sensor pH Tanah.....	16
4	sensor suhu LM35	17
5	<i>solenoid valve</i>	18
6	blok diagram	19
7	<i>Flowchart</i>	20
8	Grafik Fungsi Keanggotaan pH Media Tanam.....	21
9	rumus ph media tanam.....	22
10	Grafik Fungsi Keanggotaan Suhu Ruang	23
11	rumus Suhu Ruang Tanam.....	24
12	Grafik Fungsi Keanggotaan pH Media Tanam Tomat	25
13	pH Media Tanam.....	26
14	Grafik Fungsi Keanggotaan <i>Output Fan</i>	27
15	persamaan (10), (11) dan (12).....	28
16	Grafik Fungsi Keanggotaan Output Selenoid 1	29
17	persamaan (13), (14) dan (15).....	30
18	Grafik Fungsi Keanggotaan <i>Output Selenoid 2</i>	31
19	persamaan (16), (17) dan (18).....	32
20	<i>Rules Viewers Fuzzy Mamdani</i>	33
21	<i>Surface Viewers Output Fan</i>	34
22	<i>Surface Viewers Output Selenoid 1</i>	35
23	<i>Surface Viewers Selenoid 2</i>	36



Gambar 1. menunjukkan bentuk dari arduino uno



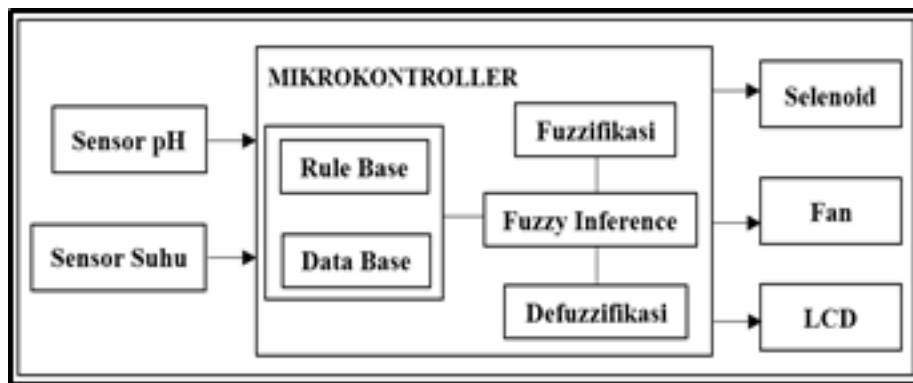
Gambar 2. Soil Moisture Sensor



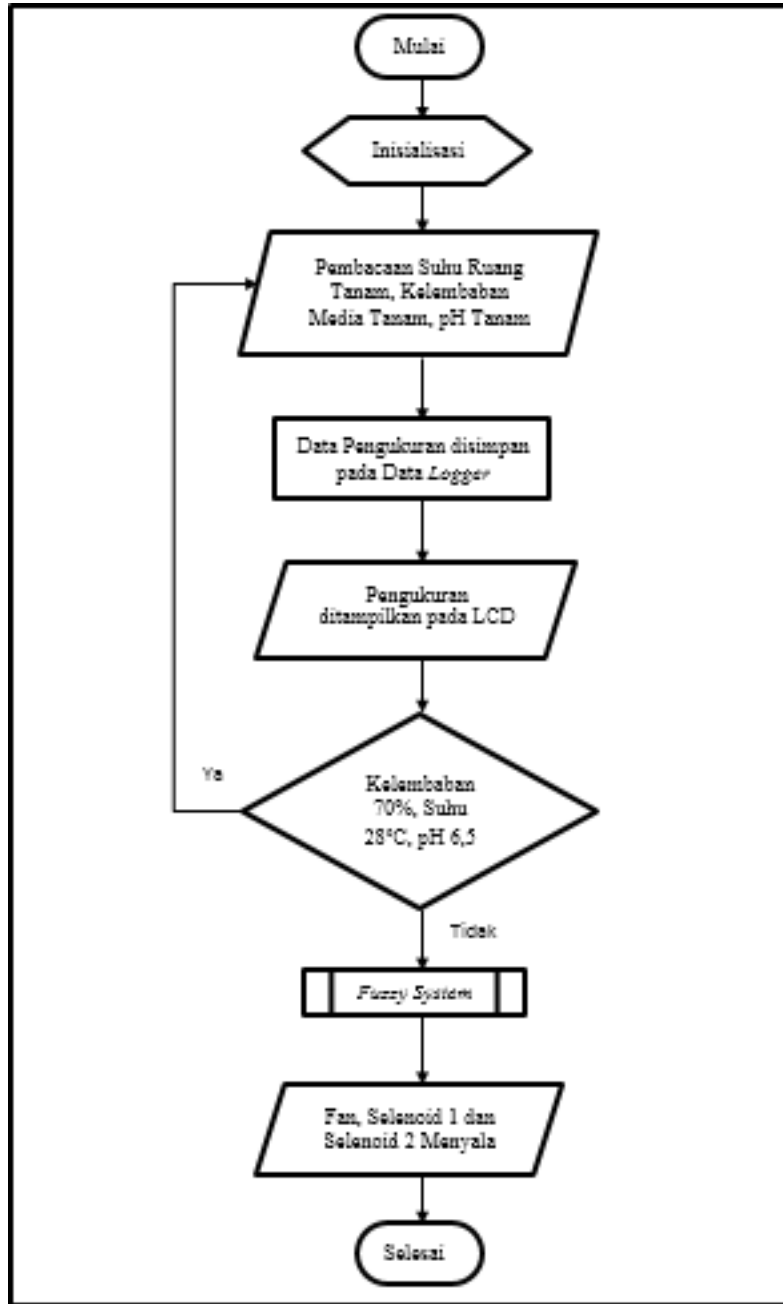
Gambar 3. Sensor pH Tanah



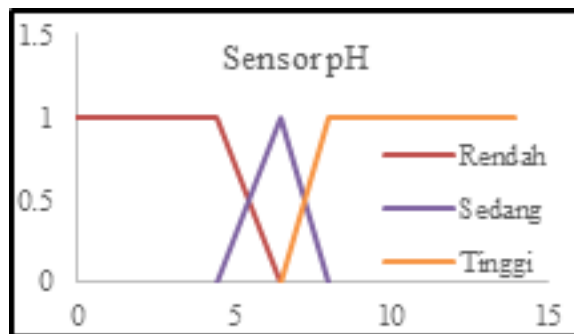
Gambar 5. *solenoid valve*



Gambar 6. blok diagram



Gambar 7. Flowchart



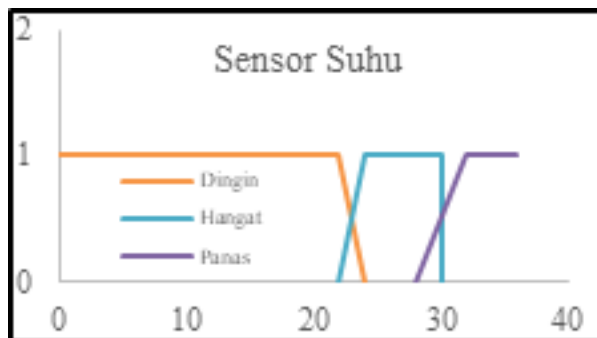
Gambar 8. Grafik Fungsi Keanggotaan pH Media Tanam

$$\mu_{Rendah}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 1, x \leq 4,5 \\ \frac{6,5-x}{2}, 4,5 \leq x \leq 6,5 \\ 0, x \geq 6,5 \end{array} \right\} \quad (1)$$

$$\mu_{Sedang}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 4,5 \text{ atau } x \geq 8 \\ \frac{x-4,5}{2}, 28 \leq x \leq 32 \\ \frac{6,5-x}{1,5}, 6,5 \leq x \leq 8 \end{array} \right\} \quad (2)$$

$$\mu_{Tinggi}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 6,5 \\ \frac{8-x}{1,5}, 6,5 \leq x \leq 8 \\ 1, x \geq 8 \end{array} \right\} \quad (3)$$

Gambar 9. rumus ph media tanam



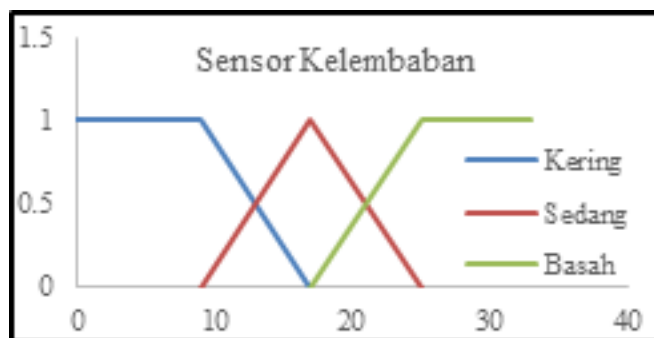
Gambar 10. Grafik Fungsi Keanggotaan Suhu Ruang

$$\mu_{Dingin}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 1, x \leq 22 \text{ atau } x \leq 0 \\ \frac{24-x}{2}, 22 \leq x \leq 24 \\ 0, x \geq 24 \end{array} \right\} \quad (4)$$

$$\mu_{Sedang}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 22 \text{ atau } x \leq 0 \\ \frac{32-x}{4}, 22 \leq x \leq 32 \\ 1, 24 \leq x \leq 30 \\ \frac{30-x}{0}, x \geq 30 \end{array} \right\} \quad (5)$$

$$\mu_{Panas}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 22 \text{ atau } x \leq 0 \\ \frac{32-x}{4}, 28 \leq x \leq 32 \\ 1, x \geq 32 \end{array} \right\} \quad (6)$$

Gambar 11. rumus Suhu Ruang Tanam



Gambar 12. Grafik Fungsi Keanggotaan pH Media Tanam Tomat

$$\mu_{Kering}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 1, x \leq 9 \\ \frac{17-x}{2}, 9 \leq x \leq 17 \\ 0, x \geq 17 \end{array} \right\} \quad (7)$$

$$\mu_{Sedang}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 9 \text{ atau } x \geq 25 \\ \frac{x-9}{8}, 9 \leq x \leq 17 \\ \frac{17-x}{8}, 17 \leq x \leq 25 \end{array} \right\} \quad (8)$$

$$\mu_{Basah}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 17 \\ \frac{25-x}{8}, 17 \leq x \leq 25 \\ 1, x \geq 25 \end{array} \right\} \quad (9)$$

Gambar 13. pH Media Tanam

Gambar 14. Grafik Fungsi Keanggotaan *Output Fan*

$$\mu_{LB}[x] = \begin{cases} 0, x \leq 0 \text{ atau } x \geq 112,5 \\ \frac{x-0}{56,25-0}, 0 \leq x \leq 56,25 \\ \frac{56,25-x}{112,5-56,25}, 56,25 \leq x \leq 112,5 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{SD}[x] = \begin{cases} 0, x \leq 56,25 \text{ atau } x \geq 168,75 \\ \frac{x-56,25}{112,5-56,25}, 56,25 \leq x \leq 168,75 \\ \frac{112,5-x}{168,75-112,5}, 112,5 \leq x \leq 168,5 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{KC}[x] = \begin{cases} 0, x \leq 112,5 \text{ atau } x \geq 225 \\ \frac{x-112,5}{168,75-112,5}, 112,5 \leq x \leq 225 \\ \frac{168,75-x}{168,75-56,25}, 168,75 \leq x \leq 225 \end{cases} \quad (12)$$

Gambar 15. persamaan (10), (11) dan (12)

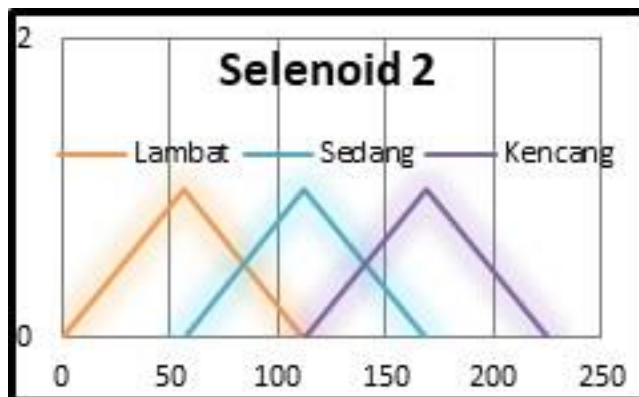
Gambar 16. Grafik Fungsi Keanggotaan Output Selenoid 1

$$\mu_{KL}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 0 \text{ atau } x \geq 112,5 \\ \frac{x-0}{56,25-0}, 0 \leq x \leq 56,25 \\ \frac{56,25-x}{112,5-56,25}, 56,25 \leq x \leq 112,5 \end{array} \right\} \quad (13)$$

$$\mu_{SD}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 56,25 \text{ atau } x \geq 168,75 \\ \frac{x-56,25}{112,5-56,25}, 56,25 \leq x \leq 168,75 \\ \frac{112,5-x}{168,75-112,5}, 112,5 \leq x \leq 168,5 \end{array} \right\} \quad (14)$$

$$\mu_{BS}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 112,5 \text{ atau } x \geq 225 \\ \frac{x-112,5}{168,75-112,5}, 112,5 \leq x \leq 225 \\ \frac{168,75-x}{168,75-56,25}, 168,75 \leq x \leq 225 \end{array} \right\} \quad (15)$$

Gambar 17. persamaan (13), (14) dan (15)



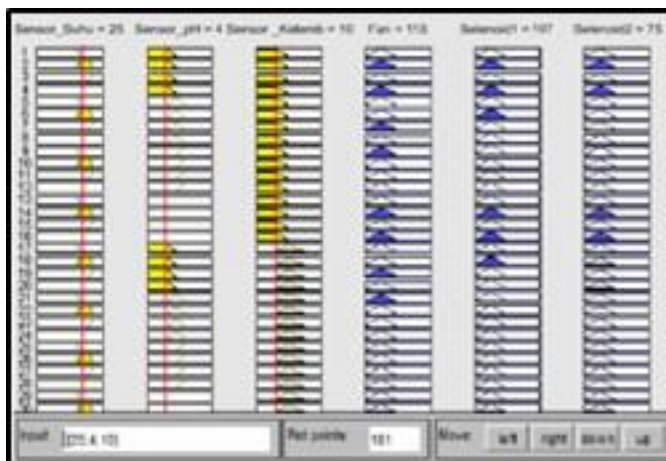
Gambar 18. Grafik Fungsi Keanggotaan Output Selenoid 2

$$\mu_{KL}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 0 \text{ atau } x \geq 112,5 \\ \frac{x-0}{56,25-0}, 0 \leq x \leq 112,5 \\ \frac{56,25-x}{112,5-56,25}, 56,25 \leq x \leq 112,5 \end{array} \right\} \quad (16)$$

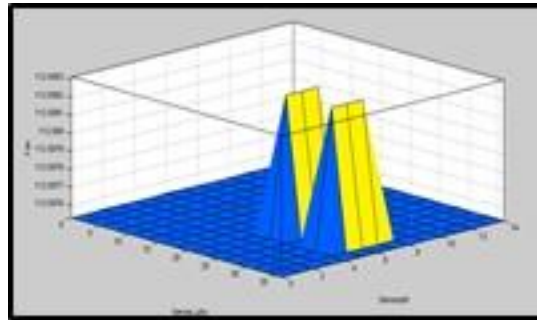
$$\mu_{SD}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 56,25 \text{ atau } x \geq 168,75 \\ \frac{x-56,25}{112,5-56,25}, 56,25 \leq x \leq 168,75 \\ \frac{112,5-x}{168,75-112,5}, 56,25 \leq x \leq 168,5 \end{array} \right\} \quad (17)$$

$$\mu_{BS}[x] = \left\{ \begin{array}{l} 0, x \leq 112,5 \text{ atau } x \geq 225 \\ \frac{x-112,5}{168,75-112,5}, 112,5 \leq x \leq 225 \\ \frac{168,75-x}{168,75-56,25}, 112,5 \leq x \leq 225 \end{array} \right\} \quad (18)$$

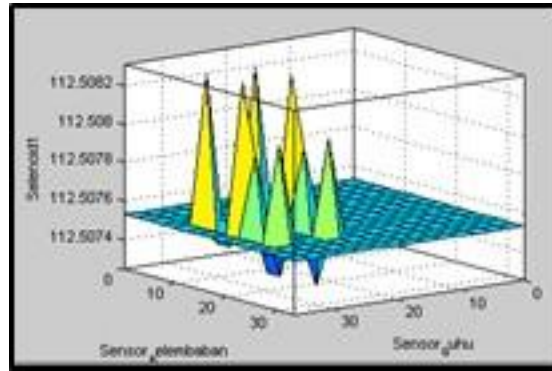
Gambar 19. persamaan (16), (17) dan (18).



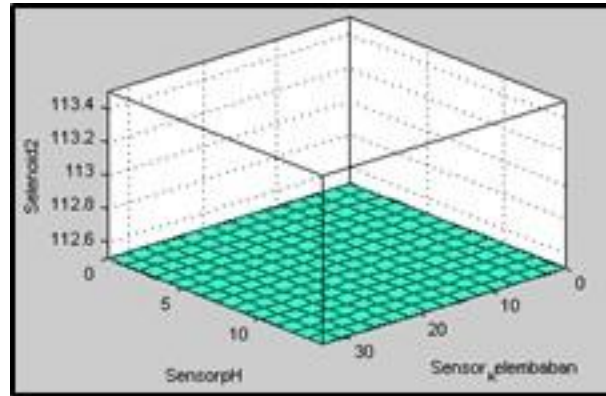
Gambar 20. Rules Viewers Fuzzy Mamdani



Gambar 21. *Surface Viewers Output Fan*



Gambar 22. *Surface Viewers Output Selenoid 1*



Gambar 23. *Surface Viewers Selenoid 2*