

## PERANCANGAN KONTROLER PADA ALAT PENCAMPUR WARNA MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROL METODE SUGENO

Monica Sari<sup>\*</sup>, Ajub Ajulian Zahra dan Sudjadi

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*</sup>E-mail: monicasari198@gmail.com

### Abstrak

Pada penelitian ini penulis merancang sebuah kontroler pada alat pencampur warna yang berguna untuk mengontrol presentase volume sehingga menghasilkan volume yang tepat berdasarkan komposisi masing-masing warna CMY sehingga menghasilkan warna yang akurat. Logika *fuzzy* digunakan untuk menghasilkan parameter *input* berupa *error*. Sensor yang digunakan adalah sensor TCS34725 dan pompa motor DC sebagai *output*. Pada penelitian yang dilakukan diketahui bahwa volume yang dihasilkan dapat mempengaruhi keakuratan warna, maka dari itu perancangan kontroler dengan menggunakan *fuzzy logic control* metode sugeno dapat membantu proses pencampuran warna dengan volume yang tepat, dan warna yang akurat. Pada penelitian ini kontroler memiliki 3 input yaitu *Error Cyan*, *Error Magenta*, dan *Error Yellow* dengan kondisi himpunan berupa *Zero*, *Positif Small*, dan *Positif Big* untuk menentukan keluaran *output fuzzy* yaitu presentase volume (%). Berdasarkan hasil pengujian didapatkan rata-rata error sebesar 45,78% untuk cyan, 39,13% untuk magenta, dan 40,5% untuk yellow sedangkan rata-rata presentase volume untuk masing-masing warna CMY sebesar 44,31%, 41,1%, dan 43,03%. Sehingga diharapkan adanya kontroler ini dapat membantu pencampuran warna secara tepat dan efisien.

*Kata kunci: Logika Fuzzy, Pencampuran Warna, Metode Sugeno*

### Abstract

In this study, the authors designed a controller on a color mixing tool that is useful to control the percentage of volume based on the composition of each CMY color to produce an accurate color. Fuzzy logic is used to produce input parameters in the form of errors. The sensor used is TCS34725 sensor and DC motor pump as output. In the research conducted it is known that the resulting volume can affect the accuracy of the colors, therefore the design of the controller using the fuzzy logic control Sugeno method can help the process of mixing colors with the right volume, and accurate colors. In this study the controller has 3 inputs, namely Error Cyan, Magenta Error, and Error Yellow with set conditions in the form of Zero, Positive Small, and Positive Big to determine the output of fuzzy that is the percentage of volume (%). Based on the test results obtained an average error for each color of CMY was 45,78%, 39,13%, and 40,5%, while the average percentage of volume for each color of CMY was 44,31%, 41,1%, and 43,03%. So that it is expected that this controller can help color mixing precisely and efficiently.

*Keywords: Fuzzy Logic, Sugeno Method, Color Mixing*

### 1. Pendahuluan

Pada era modern saat ini masih ditemukan penggunaan teknologi konvensional pada beberapa perusahaan seperti perusahaan tekstil khususnya pada alat pencampur warna yang dilakukan secara manual sehingga terdapat ketidakakuratan pada presentase takaran warna tinta. Disamping itu kebutuhan akan ragam warna juga terus meningkat terutama pada perusahaan di bidang pencampuran warna seperti membuat warna baru dari berbagai warna yang ada, sedangkan ragam warna yang terdapat dipasaran masih menggunakan standar warna yang mendasar, serta proses pencampuran warna yang

manual dan membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkan warna dengan tingkat keakuratan yang tinggi karena dilakukan oleh para ahli dalam bidangnya [1].

Maka untuk bisa menghasilkan pencampuran warna yang tepat dan rasio yang presisi diperlukan sistem pencampur warna otomatis dengan menggunakan sistem kontrol *fuzzy* yang mendapatkan volume yang tepat. Maka dari itu penulis berinovasi untuk merancang sistem kontrol pada alat pencampur warna menggunakan logika *fuzzy*. Produk ini diharapkan dapat membantu produsen pencampuran warna untuk mendapatkan varian warna yang baru secara

otomatis, serta menggantikan sistem pencampuran warna yang masih dikerjakan secara manual [2].

Masukan alat pencampur warna ini berupa presentase warna tinta CMY. Terdapat aktuator berupa motor pompa DC yang berfungsi untuk mengalirkan air. Dan *driver* motor L298N yang berfungsi untuk menggerakkan motor pompa DC. Mikrokontroler Arduino Nano untuk membaca perintah dan memproses data, serta sensor TCS34725 untuk pembacaan warna RGB (*Red, Green, Blue*) yang kemudian akan dikonversi ke CMY dan diumpun balikkan ke mikrokontroler [3]. Standar warna yang digunakan pada penelitian ini menggunakan CMY sebagai standar warna internasional [4]. Tujuan akhir dari penelitian ini dapat mengembangkan teknologi pencampuran warna yang masih dilakukan secara manual dan dapat membantu industri pencampuran warna seperti sablon atau tinta printer untuk menciptakan variasi warna yang beragam dengan tingkat keakuratan yang tinggi [5]

## 2. Metode

### 2.1. Model Warna RGB

RGB adalah suatu pemodelan warna yang terdiri dari 3 buah warna: merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*), yang ditambahkan dengan berbagai cara agar dapat menghasilkan bermacam-macam warna. Model warna RGB adalah pemodelan warna yang memiliki konsep penambahan kuat cahaya primer yaitu *red, green, dan blue*. Ketika berada di dalam suara ruangan yang sama sekali tidak ada cahaya, maka tidak ada signal gelombang cahaya yang diserap oleh mata kita atau RGB (0, 0, 0).

RGB atau *Red, Green, Blue* merupakan sistem pewarnaan yang digunakan untuk digital *appearance* dan sering digunakan pada monitor komputer, video, layar ponsel dan lain-lain. Sistem warna RGB terdiri atas 100% *Red*, 100% *Green*, dan 100% *Blue* dimana akan menghasilkan 100% putih dan pada sistem pewarnaan RGB ini tidak ada warna hitam.

Apabila kita mencampurkan 2 macam cahaya primer dalam ruangan seperti (merah dan hijau), atau (merah dan biru), atau (hijau dan biru), maka warna yang terbentuk adalah *yellow*, atau *magenta*, atau *cyan*. Warna-warna yang dibentuk dari kombinasi dua macam cahaya disebut warna sekunder [3].

### 2.2. Warna CMYK

*Cyan, Magenta, dan Yellow* merupakan warna sekunder dari warna RGB (*Red, Green, Blue*) yang bertumpu pada cahaya yang diserap serta kualitas tinta yang digunakan untuk kebutuhan cetak. Namun, CMY tidak dapat menghasilkan warna hitam dengan baik. Maka dari itu, adanya penambahan *key/black* sebagai warna keempat untuk menghasilkan warna hitam yang baik [4]. Sehingga disempurnakan menjadi model CMYK yang dipergunakan

dalam pencetakan berwarna. Keempat warna tersebut disebut tinta/warna proses yang dipergunakan untuk mencetak citra berwarna seperti sablon atau hasil proses pencetakan printer [5].

### 2.3. Pompa Motor DC 12 Volt

Pompa merupakan peralatan mekanis yang berguna untuk memindahkan fluida dari satu tempat ketempat lainnya yang bekerja dengan menggunakan energi kinetik. Selain itu, pompa ini sangat mudah dan praktis dalam penggunaannya sehingga tidak perlu memancing hisapan awal pompa dengan air. Keunggulan lainnya yaitu tidak membutuhkan daya listrik yang cukup besar, hanya membutuhkan daya listrik sekitar 12 volt ketika bekerja dan 6 volt ketika tidak digunakan dan juga hanya membutuhkan sekitar 0,5 hingga 0,7 ampere ketika pompa air sedang bekerja dan bilamana pompa air ini tidak bekerja hanya membutuhkan daya sekitar 0,18 ampere [6].

### 2.4. Sensor Warna TCS 34725

Sensor TCS34725 merupakan sensor penginderaan warna digital yang memiliki elemen cahaya RGB. Sensor ini dilengkapi dengan filter blok IR, on-chip yang terintegrasi dan dilokalisasi ke foto sensor warna, dapat meminimalkan komponen spektrum IR dari cahaya yang masuk dan menyediakan pengaturan warna agar dapat dihasilkan secara tepat atau akurat. Sensitivitas yang tinggi dan filter blok IR membuat sensor ini menjadi sebuah sensor ideal untuk penggunaan pada berbagai macam kondisi pencahayaan. Sensor warna TCS34725 memiliki ruang lingkup pengaplikasian yang luas termasuk pengaturan RGB LED, pencahayaan benda padat, pengontrolan proses industri, dan peralatan diagnosa kesehatan. Filter blok IR memungkinkan sensor TCS34725 untuk melakukan *Ambient Light Sensing (ALS)* [7].

### 2.5. Driver Motor L298N

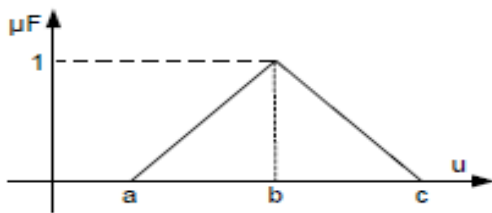
L298N merupakan *driver* motor H-Bridge yang didesain mampu menggerakkan sepasang motor DC. Modul ini menggunakan metode PWM untuk mengontrol kecepatan motor DC. L298N dilengkapi dengan 2 *direction control* pin yang digunakan untuk mengontrol motor A dan B dalam gerak maju atau mundur. Driver motor ini dapat digunakan dengan tegangan berkisar antara 5V – 35V. Arus yang dibutuhkan yaitu 2A. Modul ini mempunyai regulator dalam memberikan tegangan output 5V [8].

### 2.6. Kontrol Volume Menggunakan Logika Fuzzy

Pengendali *Fuzzy* atau disebut juga *Fuzzy Logic Controller (FLC)* adalah salah satu metode kontrol yang menggunakan himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*). Metode logika *fuzzy* memiliki keunggulan dalam proses penalaran karena menggunakan variabel-variabel yang bersifat *linguistic/variabel simbolik* [9].

Pengaplikasian FLC pada sistem pengendalian kalang tertutup terdiri atas masukan berupa *set point*, kontroler, plant, dan umpan balik. *Set point* merupakan nilai ideal atau nilai yang ingin dicapai dan sudah ditentukan pada awal. Lalu, pada bagian kontroler terdapat *error* yang digunakan sebagai masukan dari proses awal, *error* merupakan selisih dari *set point* dengan umpan balik. Serta presentase volume digunakan sebagai keluaran dari kontroler. Nilai keluaran dari sistem pengontrolan merupakan nilai keluaran yang tegas (*crisp*). Pengontrolan dengan *fuzzy* terdiri dari 4 bagian, yaitu fuzzifikasi (*fuzzification*), inferensi *fuzzy* (*fuzzy inference*) dimana penarikan kesimpulan akan didasari oleh basis aturan (*rule base*), dan defuzzifikasi (*defuzzification*) [10].

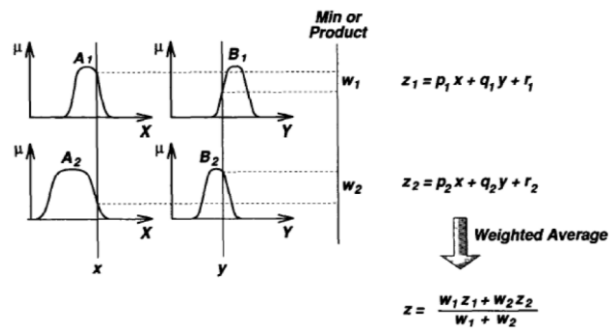
Komponen fuzzifikasi berfungsi untuk memetakan masukan data tegas ke dalam himpunan *fuzzy* menjadi nilai derajat keanggotaan. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga. Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis yaitu linear naik dan linear turun diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Fungsi keanggotaan bentuk segitiga [11]

Basis aturan logika *fuzzy* untuk pengambilan keputusan adalah kumpulan aturan-aturan logika *fuzzy* yang dibuat berdasarkan pengetahuan manusia dalam menentukan suatu putusan. Metode yang digunakan dalam penentuan aturan *fuzzy* adalah menggunakan pendekatan heuristik. Pendekatan heuristik menggunakan pengetahuan pakar dan analisis perilaku sistem untuk mendapatkan aturan-aturan *fuzzy*. Aturan yang ditetapkan digunakan untuk menghubungkan antara variabel-variabel masukan dan variabel-variabel keluaran. Aturan ini berbentuk ‘JIKA – MAKA’ (IF – THEN). [12]

Proses inferensi *fuzzy* merupakan tahap evaluasi pada aturan *fuzzy*. Terdapat 3 jenis inferensi *fuzzy* yang sering digunakan dalam berbagai penelitian yaitu metode Mamdani, Tsukamoto, dan Sugeno [13]. Pada perancangan kontroler inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah metode Sugeno. Metode Sugeno menghasilkan *output* berupa konstanta atau persamaan linier. Karakteristik dari *fuzzy* Sugeno adalah bagian konsekuennya merupakan suatu persamaan linier dengan variabel-variabel sesuai dengan variabel-variabel masukannya [13]. Berikut ini merupakan tampilan dari inferensi *fuzzy* model Sugeno.



Gambar 2. Inferensi *fuzzy* model Sugeno [13]

Masukan yang digunakan merupakan himpunan *fuzzy* sedangkan bagian keluaran merupakan keluaran yang berupa konstanta. Fungsi ini didapatkan dari nilai minimum kedua fungsi keanggotaan dengan menggunakan operator AND.

Masukan dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan keluaran yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut, sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai keluarannya [14]. proses defuzzifikasi metode Sugeno dengan metode *weighted of average* dapat ditulis dalam persamaan 1.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

Metode Sugeno memiliki beberapa keuntungan yaitu komputasinya lebih efisien, bekerja paling baik untuk teknik linear (kontrol PID,dll), bekerja paling baik untuk teknik optimasi dan adaptif, menjamin kontinuitas permukaan *output*, dan lebih cocok untuk analisis secara matematis. Selain keunggulan metode Sugeno, hasil dari *fuzzy inference system* (FIS) memiliki hasil lebih akurat dibanding dengan model regresi linear yang konvensional. [15]

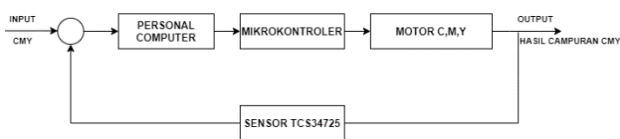
Logika *fuzzy* Sugeno dapat memodelkan berbagai macam sistem dari yang mudah hingga yang kompleks, struktur model dan mekanisme inferensinya bisa berubah-ubah tergantung masalah permodelannya. Metode ini dapat dianggap sebagai suatu solusi yang fleksibel [16].

## 2.7. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dari *prototype* kontroler alat pencampur warna menggunakan metode logika *fuzzy* Sugeno pada tugas akhir ini terdiri dari modul mikrokontroler Arduino Nano yang terhubung dengan beberapa aktuatur pendukung seperti driver motor L298N, sensor TCS34725, dan pompa motor DC. Arduino Nano mampu mengoperasikan *prototype* alat pencampur warna

karena memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 masukan analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Arduino Nano memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer [17].

*Prototype* alat pencampur warna pada penelitian ini memiliki 3 buah tabung yang menampung tinta CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*) yang terhubung dengan pompa motor DC untuk menghasilkan warna yang diinginkan berdasarkan besar volume untuk masing-masing komposisi warna CMY dan kepresisian warna. Berikut dapat dilihat diagram blok alat pencampur warna pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram sistem alat pencampur warna

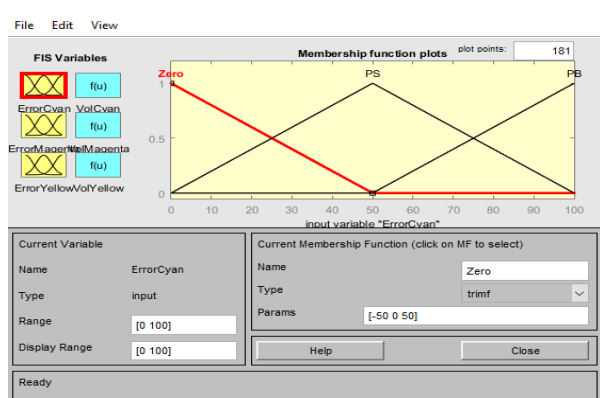
Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa sistem bekerja dengan memberikan masukan *set point* warna pada PC. *Set point* berupa nilai warna CMY dengan *range* 0 hingga 100%. kemudian data tersebut akan diolah mikrokontroler Arduino Nano untuk dilakukan pengontrolan terhadap pompa motor DC dan *driver* motor DC sebagai aktuator. Keluaran dari motor DC tersebut berupa PWM untuk membantu mendapatkan volume yang tepat pada pencampuran warna. Hasil pencampuran warna akan dibaca oleh sensor TCS34725 dan diumpun balikkan untuk diolah mikrokontroler Arduino Nano. Data *error* inilah yang kemudian dikontrol dengan menggunakan *fuzzy logic control* metode Sugeno untuk mendapatkan kepresisian warna dalam bentuk volume yang sesuai berdasarkan komposisi masing-masing warna CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*). *Prototype* ini menggunakan adaptor 12V sebagai catu daya dan modul stepdown LM2596 yang berfungsi untuk mengatur keluaran tegangan sehingga mampu menyediakan pasokan listrik yang stabil untuk pengguna [18], dan bantuan cahaya atau lampu LED untuk membantu sensor TCS34725 dalam proses pembacaan warna.

### 2.8. Perancangan Kontroler Fuzzy

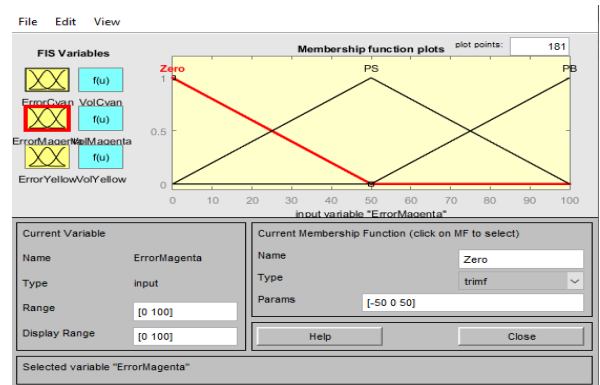
Perancangan *fuzzy* pada alat pencampur warna menggunakan standar warna internasional yaitu CMY. Pada perancangan *fuzzy* alat pencampur warna menggunakan data *error* warna CMY sebagai *input* dan presentase volume CMY sebagai *output* yang berfungsi untuk mengendalikan volume yang sesuai berdasarkan komposisi masing-masing warna CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*). Metode *fuzzy* yang digunakan untuk kontroler ini merupakan tipe *fuzzy* Sugeno. Metode *AND* yang digunakan adalah nilai minimal, metode *OR* yang

digunakan adalah nilai maksimal, dan tipe *defuzzification* yang digunakan adalah metode *weight of average* (WOA).

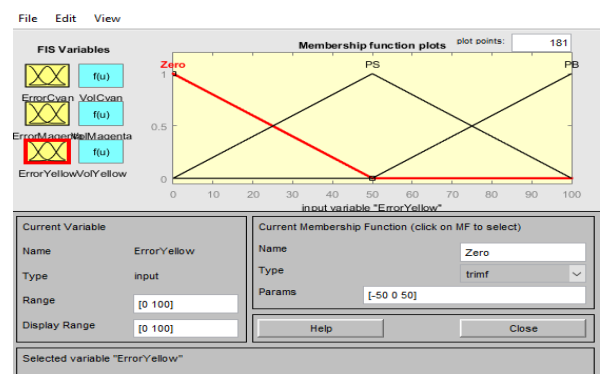
Pada perancangan kontroler alat pencampur warna data *input error cyan, magenta, dan yellow* memiliki 3 fungsi keanggotaan yang sama. Fungsi keanggotaan tersebut yaitu *Zero, PS (Positif Small), dan PB (Positif Big)* dengan masing-masing memiliki *domain range* yang berbeda. Nilai 0 hingga  $\leq 50$  untuk *Zero*, 0 hingga  $\leq 100$  untuk *PS*, dan 50 hingga  $\geq 100$  untuk *PB*. Perancangan *fuzzy* kontroler Sugeno dengan menggunakan MATLAB dapat dilihat berikut ini.



Gambar 4. Membership function input error cyan

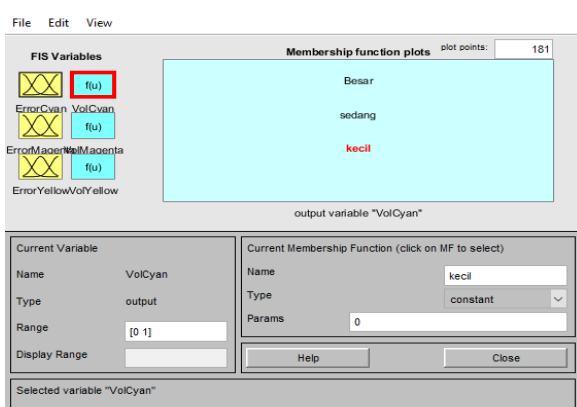


Gambar 5. Membership function input error magenta

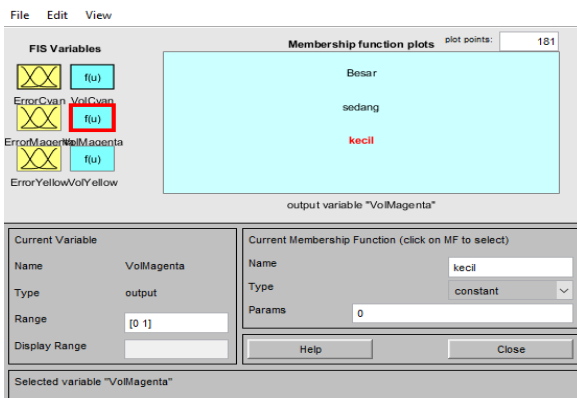


Gambar 6. Membership function input error magenta

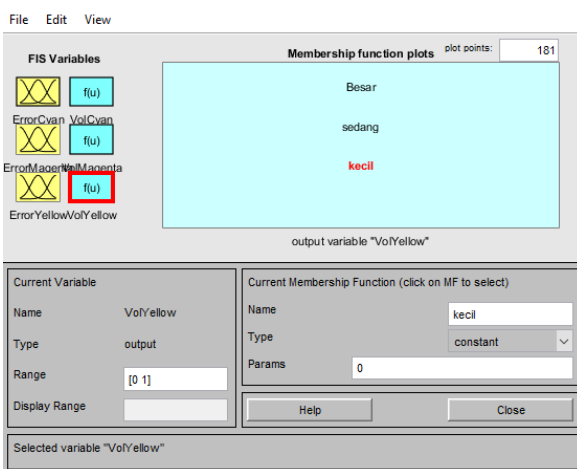
Pada perancangan kontroler ini selain memiliki 3 input nilai *error*, juga terdapat 3 output yang terdiri dari 3 presentase volume CMY (Cyan, Magenta, Yellow). Berikut ini *membership function* yang dihasilkan dari 3 set output yaitu Volume Cyan dapat dilihat pada Gambar 7, Volume Magenta dapat dilihat pada Gambar 8, dan Volume Yellow dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 7. Membership function output volume cyan

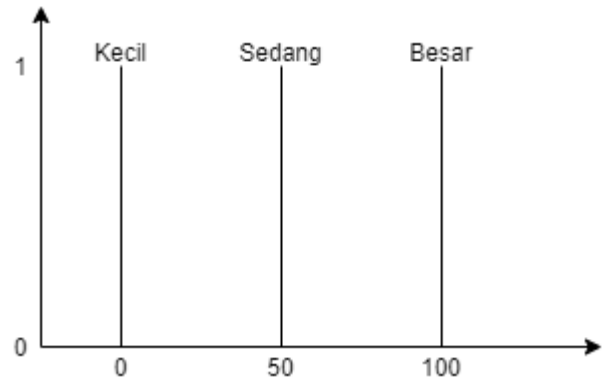


Gambar 8. Membership function output volume magenta



Gambar 9 Membership function output volume yellow

Pada *output fuzzy* dalam perancangan ini memiliki *singleton-singleton* yang sama dalam setiap output dengan jangkauan antara 0 sampai 100 yang dipetakan menjadi 3 variabel linguistik. Ketika variabel tersebut yaitu Kecil dengan nilai *singleton* 0, Sedang dengan *singleton* 50, Besar dengan *singleton* 100. Berikut Gambar 3.11 akan menunjukkan nilai *singleton* yang digunakan.



Gambar 10. Nilai singleton

Berdasarkan perancangan *fuzzy* diatas dapat diketahui bahwa untuk nilai *error* yang masuk dalam kategori Zero maka *output* yang dihasilkan akan bernilai kecil, nilai *error* yang masuk dalam kategori PS maka *output* yang dihasilkan akan bernilai sedang, dan untuk nilai *error error* yang masuk dalam kategori PB maka *output* yang dihasilkan akan bernilai besar. Hasil keluaran dari *fuzzy* tersebut tentunya didasari oleh basis aturan (*rule base*). Berikut ini Tabel 1 akan menunjukkan kondisi data *error* untuk pengendalian volume.

Tabel 1. Kondisi data *error* untuk pengendalian volume

Data Error CMY	Interval range	Volume CMY
Cyan Zero	$0 \leq x \leq 50$	kecil
Cyan PS	$0 \leq x \leq 50$	Sedang
	$50 \leq x \leq 100$	
Cyan PB	$50 \leq x \leq 100$	Besar
Magenta Zero	$0 \leq x \leq 50$	Kecil
Magenta PS	$0 \leq x \leq 50$	Sedang
	$50 \leq x \leq 100$	
Magenta PB	$50 \leq x \leq 100$	Besar
Yellow Zero	$0 \leq x \leq 50$	Kecil
Yellow PS	$0 \leq x \leq 50$	Sedang
	$50 \leq x \leq 100$	
Yellow PB	$50 \leq x \leq 100$	Besar

Perangkat lunak yang dirancang pada penelitian ini adalah perancangan senarai program yang ada pada mikrokontroler sesuai dengan algoritma yang telah ditentukan. Bahasa yang digunakan merupakan bahasa C dengan deprogram menggunakan IDE Arduino.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan secara langsung dengan menggunakan standar pencampuran warna yang telah ditentukan oleh peneliti.

Berikut hasil pengujian pencampuran warna dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

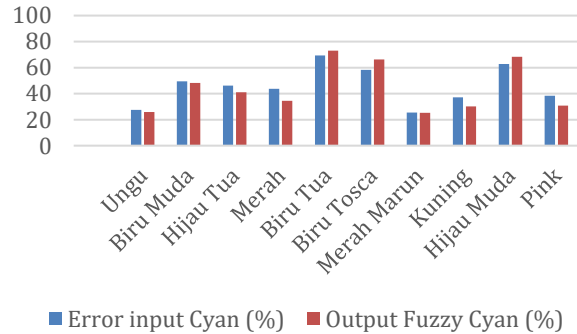
**3.1. Pengujian Alat Pencampur Warna dengan Sistem Kontrol Fuzzy**

**Tabel 2 Hasil pengujian kontroler**

Warna Ke-	Error input (%)			Output Fuzzy (%)		
	C	M	Y	C	M	Y
1	27,5	75,3	22,8	25,8	75,1	24,4
2	49,4	9,6	19,7	48,2	14,3	21,3
3	46,1	15,3	39,2	41,1	19,4	33,1
4	43,7	64,4	59,2	34,5	69,4	66,6
5	69,4	35,3	14,7	73,0	28,7	21,2
6	58,3	19,0	9,2	66,3	22,1	17,2
7	25,4	56,0	64,3	25,2	61,7	69,8
8	37,2	11,2	68,4	30,1	18,6	72,3
9	62,7	31,2	68,6	68,4	27,3	72,7
10	38,3	73,9	39,4	30,7	74,5	31,7

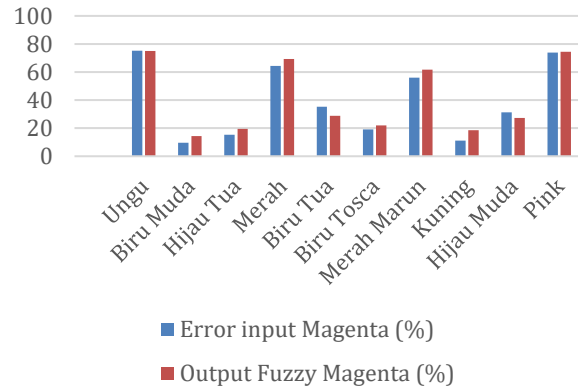
Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa rata-rata nilai keluaran fuzzy untuk 10 percobaan warna yang berbeda sebesar 44,31% terhadap cyan, 41,11% terhadap magenta, dan 43,03%. Sedangkan untuk rata-rata volume yang diperoleh yaitu sebesar 22,26 ml untuk cyan, 20,58 ml untuk magenta, dan 21,52 ml untuk yellow. Volume yang dihasilkan sangat mempengaruhi hasil pencampuran warna. Pada tabel diatas terdapat 10 warna yang diuji dengan menghasilkan warna yang cukup akurat atau masuk dalam kategori warna yang diinginkan yaitu ungu, biru muda, hijau tua, merah, biru tua, biru tosca, merah marun, kuning, hijau muda, dan pink. Namun, pada pengujian warna ke-8 atau kuning hasil pencampuran warna belum berhasil, karena pembacaan sensor yang cukup sensitif untuk membaca warna kuning dan warna dasar pencampuran yang kurang baik. Kinerja kontroler dioptimalkan untuk menghasilkan volume yang tepat sehingga mendapatkan warna yang akurat. Pada pengujian ini, volume maksimum yang digunakan pada pencampuran warna sebesar 50 ml untuk setiap warna CMY dalam setiap looping. Berikut ini grafik hubungan data error CMY terhadap output fuzzy CMY pada pengujian kontroler alat pencampur warna.

**Grafik Hubungan Data Error Cyan Terhadap Output Fuzzy Cyan**



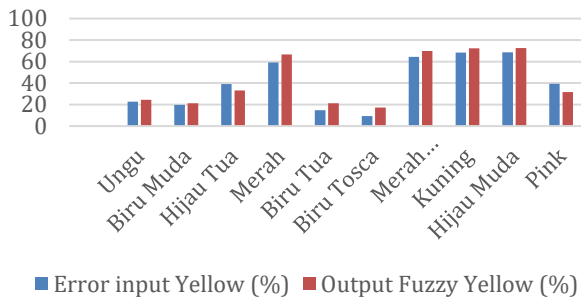
**Gambar 11. Grafik hubungan data error cyan terhadap output fuzzy cyan**

**Grafik Hubungan Data Error Magenta Terhadap Output Fuzzy Magenta**



**Gambar 12. Grafik hubungan data error magenta terhadap output fuzzy magenta**

**Grafik Hubungan Data Error Yellow Terhadap Output Fuzzy Yellow**



**Gambar 13. Grafik hubungan data error yellow terhadap output fuzzy yellow**

Berdasarkan Gambar 11, 12, dan 13 dapat kita lihat bahwa semakin kecil nilai *error* CMY yang dimasukkan maka semakin kecil presentase volume yang dihasilkan. Begitu juga sebaliknya semakin besar nilai *error* CMY yang dimasukkan maka semakin besar presentase volume yang dihasilkan. Maka, dapat disimpulkan bahwa besarnya nilai *error* sangat mempengaruhi keluaran volume untuk proses pencampuran warna sehingga hasil warna akhir juga berpengaruh.

### 3.2. Perbandingan Perhitungan Fuzzy Dengan Hasil Pengujian Pada Alat Pencampur Warna

Dilakukan perhitungan *fuzzy* secara manual untuk membandingkan hasil perhitungan *fuzzy* dengan hasil pengujian pada alat pencampur warna. *Range set point* pada alat pencampur warna yaitu sebesar 0 hingga 100%, sedangkan untuk sensor TCS34725 membaca nilai RGB dari hasil pencampuran warna kemudian dikonversi menjadi CMY dengan *range* nilai 0 hingga 100%. Perhitungan *fuzzy* menggunakan nilai absolut sehingga didapatkan *error* positif. Berikut ini perhitungan menggunakan 1 sampel warna dengan menggunakan logika *fuzzy*.

#### 3.2.1. Perhitungan Pada Warna Ungu

Berikut ini perhitungan pada percobaan pertama yaitu warna ungu. Berdasarkan konsep logika *fuzzy*, terlebih dahulu dihitung nilai *error* dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error Cyan} &= \text{set point} - \text{feedback} = 20 - 47,53 \\ &= -27,53 \approx 27,53 \text{ (error termasuk dalam} \\ &\text{fungsi keanggotaan Zero dan PS)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error Magenta} &= \text{set point} - \text{feedback} = 100 - 24,72 \\ &= 75,28 \text{ (error termasuk dalam fungsi} \\ &\text{keanggotaan PS dan PB)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error Yellow} &= \text{set point} - \text{feedback} = 5 - 27,75 \\ &= -22,75 \approx 22,75 \text{ (error termasuk dalam} \\ &\text{fungsi keanggotaan Zero dan PS)} \end{aligned}$$

Dari nilai *error* tersebut, didapatkan nilai himpunan keanggotaan untuk masing-masing himpunan keanggotaan sebagai berikut:

$$\text{Error cyan : Zero} = (50 - 27,53) / 50 = 0,4494$$

$$\text{PS} = (27,53 - 0) / 50 = 0,5506$$

$$\text{Error magenta : PS} = (100 - 75,28) / 50 = 0,4944$$

$$\text{PB} = (75,28 - 50) / 50 = 0,5056$$

$$\text{Error yellow : Zero} = (50 - 22,75) / 50 = 0,545$$

$$\text{PS} = (22,75 - 0) / 50 = 0,455$$

Setelah didapatkan nilai masing-masing fungsi keanggotaan, selanjutnya nilai-nilai tersebut dihitung dengan *rule* yang telah ditentukan sebelumnya.

1. Jika *Error Cyan* adalah Zero && *Error Magenta* adalah PS && *Error Yellow* adalah Zero maka Volume Cyan adalah Kecil && Volume Magenta adalah Sedang && Volume Yellow adalah Kecil (*rule 4*)

$$\alpha_4 = \min(0,4494, 0,4944, 0,545) = 0,4494$$

$$\text{VC4} = 0,4494 \times 0 = 0$$

$$\text{VM4} = 0,4494 \times 50 = 22,47$$

$$\text{VY4} = 0,4494 \times 0 = 0$$

2. Jika *Error Cyan* adalah Zero && *Error Magenta* adalah PS && *Error Yellow* adalah PS maka Volume Cyan adalah Kecil && Volume Magenta adalah Sedang && Volume Yellow adalah Sedang. (*rule 5*)

$$\alpha_5 = \min(0,4494, 0,4944, 0,455) = 0,4494$$

$$\text{VC5} = 0,4494 \times 0 = 0$$

$$\text{VM5} = 0,4494 \times 50 = 22,47$$

$$\text{VY5} = 0,4494 \times 50 = 22,47$$

3. Jika *Error Cyan* adalah Zero && *Error Magenta* adalah PB && *Error Yellow* adalah Zero maka Volume Cyan adalah Kecil && Volume Magenta adalah Besar && Volume Yellow adalah Kecil. (*rule 7*)

$$\alpha_7 = \min(0,4494, 0,5056, 0,545) = 0,4494$$

$$\text{VC7} = 0,4494 \times 0 = 0$$

$$\text{VM7} = 0,4494 \times 100 = 44,94$$

$$\text{VY7} = 0,4494 \times 0 = 0$$

4. Jika *Error Cyan* adalah Zero && *Error Magenta* adalah PB && *Error Yellow* adalah PS maka Volume Cyan adalah Kecil && Volume Magenta adalah Besar && Volume Yellow adalah Sedang. (*rule 8*)

$$\alpha_8 = \min(0,4494, 0,5056, 0,455) = 0,4494$$

$$\text{VC8} = 0,4494 \times 0 = 0$$

$$\text{VM8} = 0,4494 \times 100 = 44,94$$

$$\text{VY8} = 0,4494 \times 50 = 22,47$$

5. Jika *Error Cyan* adalah PS && *Error Magenta* adalah PS && *Error Yellow* adalah Zero maka Volume Cyan adalah Sedang && Volume Magenta adalah Sedang && Volume Yellow adalah Kecil. (*rule 13*)

$$\alpha_{13} = \min(0,5506, 0,4944, 0,545) = 0,4944$$

$$\text{VC13} = 0,4944 \times 50 = 24,72$$

$$\text{VM13} = 0,4944 \times 50 = 24,72$$

$$\text{VY13} = 0,4494 \times 0 = 0$$

6. Jika *Error Cyan* adalah PS && *Error Magenta* adalah PS && *Error Yellow* adalah PS maka Volume *Cyan* adalah Sedang && Volume *Magenta* adalah Sedang && Volume *Yellow* adalah Sedang. (rule 14)  
 $\alpha_{14} = \min(0,5506, 0,4944, 0,455) = 0,455$   
 $VC_{14} = 0,455 \times 50 = 22,75$   
 $VM_{14} = 0,455 \times 50 = 22,75$   
 $VY_{14} = 0,455 \times 50 = 22,75$
7. Jika *Error Cyan* adalah PS && *Error Magenta* adalah PB && *Error Yellow* adalah Zero maka Volume *Cyan* adalah Sedang && Volume *Magenta* adalah Besar && Volume *Yellow* adalah Kecil. (rule 16)  
 $\alpha_{16} = \min(0,5506, 0,5056, 0,545) = 0,5056$   
 $VC_{16} = 0,5056 \times 50 = 25,28$   
 $VM_{16} = 0,5056 \times 100 = 50,56$   
 $VY_{16} = 0,5056 \times 0 = 0$
8. Jika *Error Cyan* adalah PS && *Error Magenta* adalah PB && *Error Yellow* adalah PS maka Volume *Cyan* adalah Sedang && Volume *Magenta* adalah Besar && Volume *Yellow* adalah Sedang. (rule 17)  
 $\alpha_{17} = \min(0,5506, 0,5056, 0,455) = 0,455$   
 $VC_{17} = 0,455 \times 50 = 22,75$   
 $VM_{17} = 0,455 \times 100 = 45,5$   
 $VY_{17} = 0,455 \times 50 = 22,75$

$$\frac{\sum_i (\text{Fuzzy Output})_x (\text{Posisi singleton di X axisi})}{\sum_i (\text{Fuzzy Output})} =$$

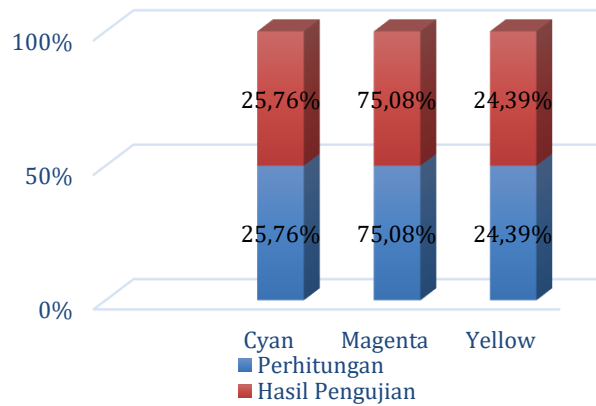
$$\text{Presentase Volume Cyan} = 0 + 0 + 0 + 0 + 24,72 + 22,75 + 25,28 + 22,75 / 0,4494 + 0,4494 + 0,4494 + 0,4494 + 0,4944 + 0,455 + 0,5056 + 0,455 = 25,76$$

$$\text{Presentase Volume Magenta} = 22,47 + 22,47 + 44,94 + 44,94 + 24,72 + 22,75 + 50,56 + 45,5 / 0,4494 + 0,4494 + 0,4494 + 0,4494 + 0,4944 + 0,455 + 0,5056 + 0,455 = 75,08$$

$$\text{Presentase Volume Yellow} = 0 + 22,47 + 0 + 22,47 + 0 + 22,75 + 0 + 22,75 / 0,4494 + 0,4494 + 0,4494 + 0,4494 + 0,4944 + 0,455 + 0,5056 + 0,455 = 24,39$$

Berdasarkan perhitungan pada warna ungu diatas dapat diketahui bahwa Presentase volume yang didapatkan dari perhitungan diatas yaitu untuk *cyan* sebesar 25,76 % atau sebesar 12,88 ml, sedangkan untuk *magenta* sebesar 75,08% atau sebesar 37,54 ml dan untuk *yellow* sebesar 24,39% atau sebesar 12,20 ml. Berikut ini dapat dilihat Gambar 14 menunjukkan grafik perbandingan perhitungan volume dan hasil pengujian pada warna ungu.

Perbandingan Presentase Volume pada perhitungan dan Pengujian Warna Ungu



Gambar 14. Perbandingan presentase volume pada perhitungan dan pengujian warna ungu

Berdasarkan Gambar 14 dapat kita ketahui bahwa perbandingan hasil presentase volume yang didapatkan dengan perhitungan *fuzzy* dan hasil pengujian untuk mencapai warna ungu menghasilkan presentase volume yang sama yaitu untuk presentase volume *cyan* sebesar 25,76%, presentase volume *magenta* sebesar 75,08%, dan presentase volume *yellow* sebesar 24,39%. Dapat kita simpulkan bahwa kontroler pada pengujian warna ungu dapat bekerja dengan baik untuk menghasilkan presentase volume yang tepat.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa perancangan kontroler alat pencampur warna dengan menggunakan *fuzzy logic control* metode Sugeno Telah berhasil menghasilkan 10 variasi warna yang akurat yaitu ungu, biru muda, hijau tua, merah, biru tua, biru toska, merah marun, kuning, hijau muda, dan pink. Selain itu, dari hasil Pengujian didapatkan tingkat akurasi volume yang paling tinggi pada tabung *cyan* bila dibandingkan dengan pengujian pada tabung *magenta* dan *yellow*. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan rata-rata volume sebesar 22,26 ml, 20,58 ml, dan 21,52 ml. kemudian pada hasil pengujian tingkat *error* pada *input cyan* adalah yang paling tinggi. Dengan *error* sebesar 45,78% untuk *error cyan*, 39,13% untuk *error magenta*, dan 40,5% untuk *error yellow*. Besarnya *error* pada kontroler berpengaruh pada keluaran sistem yaitu semakin besar nilai *error* yang masuk maka volume yang dihasilkan akan semakin besar. Berdasarkan hasil pengujian juga dihasilkan rata-rata *output fuzzy* berupa presentase volume sebesar 44,31% untuk *cyan*, 41,1% untuk *magenta*, dan 43,03% untuk *yellow*. Serta Hasil perbandingan antara perhitungan *fuzzy* dengan hasil keluaran *fuzzy* pada pengujian sudah akurat, selisih perbedaan yang dihasilkan hanya 0,01%. Seperti pada hasil perbandingan perhitungan dan pengujian untuk mencapai



warna biru muda presentase volume yang didapatkan sama yaitu 48,19% untuk *cyan*, 14,29% untuk *magenta* dan 21,33% untuk *yellow*.

## Referensi

- [1]. Pratiko, Aryanto Hari. "Prototype Pencampuran Warna Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S51," Skripsi, Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2009.
- [2]. Baharsyah, Pratama Bagus. "Rancang Bangun Alat Pencampur Cat Tembok Otomatis Menggunakan Personal Computer (PC)," Skripsi, Fakultas Vokasi, Program Studi D3 Otomasi Sistem Instrumentasi, Universitas Airlangga, Surabaya, 2016.
- [3]. Prabowo, D. A., & Abdullah, D dan Manik, Ari. "Deteksi dan perhitungan objek berdasarkan warna menggunakan Color Object Tracking," *Pseudocode*, 85-91, Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, 2018.
- [4]. Zunaidi, Muhammad. "Pengaturan Sparasi Warna Melalui Photoshop Untuk Mengurangi Biaya Cetak," *Jurnal Ilmiah Saintikom*, ISSN: 1978 -6603, Program Studi Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma, Medan, 2012.
- [5]. Zulkarnain, Haris. "Rancang Bangun Sistem Pencampuran Cat Menggunakan Visual Studio Berbasis Image Processing Matching Template," Skripsi, Fakultas Teknik, Program Studi Strata 1 Teknik Elektro, Universitas Jember, 2016..
- [6]. M. Husnibes, H. Asep, "Implementasi Wavcom dalam Monitoring Beban Listrik Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Teknologi*, Volume 9 No.1, ISSN: 2085-1669, e-ISSN: 2460-0288, Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2017.
- [7]. Irwansyah. Muhammad, Istardi. Didi, "Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel," *Jurnal Integrasi*, Vol. 5, No.1, ISSN : 2085-3858, Feb, 2013.
- [8]. B. Abdullah, " Comparison Of Arduino) Based Inexpensive Colormeters Effectiveness At Some Agricultural, Products," *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol.26, hal 6457-6469.
- [9]. G. Description and T. Application, "LM2596 Simple Switcher Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator," May, 2002.
- [10]. L.M. Engineers, "Interface L298N DC Motor Drive Modul With Arduino." <http://lastminuteengineers.com/l298n-dc-stepper-driver-arduino-tutorial/> {accessed May 13, 2020}.
- [11]. R. Ahmad, Sumardi, P. Teguh, "Aplikasi Logika Fuzzy Sebagai Auto Tuning Parameter Controller PID Pada Pengendalian Antena Tracker Berbasis GPS," *Transient*, Vol.7, No.2, ISSN: 2302-9927, Juni, 2018.
- [12]. L. A. Zadeh and R. A. Aliev, "Introduction to Fuzzy Logic Control," *Fuzzy Log. Theory Appl.*, no. January, pp. 327–351, 2018.
- [13]. O. Z. Bakhoda, M. B. Menhaj, and G. B. Gharehpetian, "Fuzzy logic controller vs. PI controller for MPPT of three-phase grid-connected PV system considering different irradiation conditions," *J. Intell. Fuzzy Syst.*, vol. 30, no. 3, pp. 1353–1366, 2016.
- [14]. T. J. Ross and T. J. Ross, *FUZZY LOGIC WITH ENGINEERING ENGINEERING Third Edition*. 2010.
- [15]. S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [16]. R. Syahputra, J. Teknik, E. Fakultas, and U. M. Yogyakarta, "Simulasi Pengendalian Temperatur Pada Heat Exchanger Menggunakan Teknik Neuro-Fuzzy Adaptif," *J. Teknol. Tek. Elektro UMY*, vol. 8, no. 2, pp. 161–168, 2015.
- [17]. Y. Bai and Z. S. Roth, "Fuzzy logic control systems," *Advances in Industrial Control*. pp. 437–511, 2019.
- [18]. A. P. J. and A. Y. Shamseldin, "Review of the application of fuzzy inference systems in river flow forecasting Alexandria," *J. Hydroinformatics*, vol. 11, no. 1, pp. 19–30, 2009.