

# ANALISIS LOGIKA *FUZZY* SEBAGAI METODE KENDALI PADA MESIN PENCAMPURAN ZAT CAIR (ANALYSIS *FUZZY* LOGIC AS CONTROL METHOD ON LIQUID MIXING MACHINE)

Bendri Setiadi Siregar<sup>1</sup>, Agung Nugroho Jati ST.,MT.<sup>2</sup>, Denny Darlis, S.Si., MT.<sup>3</sup>

Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Telkom  
Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom  
<sup>1</sup>[bendri@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:bendri@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[agungnj@telkomuniversity.co.id](mailto:agungnj@telkomuniversity.co.id),  
<sup>3</sup>[denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id](mailto:denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id)

---

## Abstrak

Teknik kontrol logika *fuzzy* telah berhasil digunakan dalam kontrol di beberapa bidang, pada umumnya teknik kontrol logika *fuzzy* digunakan bidang kontrol otomatis dan industri, diantaranya digunakan sebagai pengontrol pemrosesan citra, kendali motor, kendali robot, kendali pesawat terbang dan lain-lain.[1] Pada penelitian ini memanfaatkan algoritma logika *fuzzy* sebagai controller untuk membuka keran pada mesin pencampuran zat cair. Penelitian ini dilakukan untuk menguji apakah algoritma logika *fuzzy* dapat digunakan untuk mengontrol keran pada mesin pencampuran zat cair. Pada perancangan sistem kontrol pada penelitian ini dengan menggunakan logika *fuzzy* terdapat tiga proses yaitu fuzzifikasi, evaluasi rule dan defuzzifikasi. Masing-masing proses tersebut akan mempengaruhi respon sistem yang dikendalikan. Tujuan penggunaan kontrol logika *fuzzy* pada penelitian ini adalah untuk membuat mesin pencampur zat cair ini bisa melakukan proses kontrol motor servo dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dari hasil implementasi dengan menggunakan metode logika *fuzzy* sebagai metode kendali mesin, dapat diambil kesimpulan bahwa kendali motor servo pada mesin berhasil dilakukan dengan baik pada saat dilakukan pengujian dengan satu tabung, dua tabung, dan tiga tabung.

**Kata kunci :** logika *fuzzy* , kontrol, zat

---

## Abstract

Fuzzy logic control technique has been successfully used in control in some areas, in general fuzzy logic control technique used automatic control and industrial fields, including image processing is used as a controller, motor control, robot control, control of the aircraft and others. [1] In this study utilizes fuzzy logic algorithm as a controller to open the taps on liquid mixing machine. This study was conducted to test whether the fuzzy logic algorithm can be used to control the taps on liquid mixing machine. In the design of the control system in this paper by using fuzzy logic there are three processes that fuzzification, rule of fuzzy and defuzzification. Each process will affect the response of the controlled system. Intended use fuzzy logic in this research is to make this liquid mixing machine can do the servo motor control with high accuracy. From the results of the implementation using fuzzy logic to control of the machine, it can be concluded that the servo motor control on the machine successfully performed well when tested with one tube, two tubes, and three tubes.

**Keyword :** *fuzzy* , *stm32*, *controller*, *liquid*

---

## 1. Pendahuluan

Teknik *Fuzzy* telah berhasil digunakan dalam kontrol di beberapa bidang, Teknik dan penelitian saat ini mempertimbangkan algoritma logika *fuzzy* untuk melaksanakan fungsi-fungsi cerdas dalam *Embedded Systems*. *Fuzzy logic controller* memberikan peningkatan kinerja mulai dari kontroler klasik yang telah di uji oleh banyak penelitian.[2] Algoritma logika *fuzzy* akan mampu menerjemahkan atau interpolasi aturan menjadi pemetaan nonlinear antara sinyal masukan sensor dan aktuator output untuk kontrol umpan balik[3]. Pada konferensi dan majalah terkait mengandung berjuta artikel penyajikan keuntungan dari sistem kontrol menggunakan *fuzzy logic*. Meskipun *fuzzy controller* tidak mampu memecahkan setiap masalah kontrol, *controller fuzzy* juga memiliki beberapa kelemahan, salah satu kelemahan utama menggunakan kontroler *fuzzy* pada embedded system adalah sejumlah besar perhitungan pada *floating point* dibuat secara real-time.[4] Dari paper penelitian Om Prakash Verma dan Himanshu Gupta mengatakan Logika *fuzzy* lebih efektif dalam sistem kontrol umpan balik dan lebih mudah untuk menerapkan.[5]

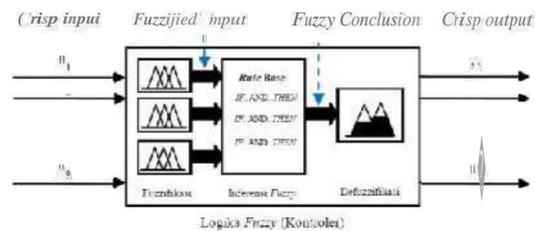
Berawal dari kondisi di atas, maka paper ini akan membahas bagaimana cara *fuzzy logic* mengontrol motor servo pada mesin pencampuran zat cair yang bekerja berdasarkan volume yang kita inginkan. Dalam perancangan dan implementasi, alat ini memanfaatkan sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur volume ketinggian zat cair yang akan keluar dari tabung. Serta menggunakan suatu algoritma *fuzzy* kontrol dalam mengontrol kecepatan motor servo. Kontrol logika *fuzzy* adalah pengendalian yang mengendalikan sebuah sistem atau proses dengan menggunakan logika *fuzzy* sebagai cara pengambilan keputusan.[6]

Tujuan dibuatnya penelitian ini adalah untuk menguji dan menganalisis apakah mikrokontroler stm32 mampu digunakan sebagai pengendali alat pencampur bahan yang cepat dan akurat, serta menguji metode sistem kendali yang berbasis logika *fuzzy* dan implementasinya ke mikrokontroler stm32. Masalah yang diteliti pada penelitian pada jurnal ini meliputi, bagaimana merancang sebuah alat pencampur zat cair dengan menggunakan mikrokontroler stm32 sebagai pengontrolnya serta mengimplementasikan algoritma logika *fuzzy* sebagai metode kendalinya. Dan juga menganalisis performa hasil dari implementasi logika *fuzzy* kedalam mikrokontroler stm32 sebagai pengatur kerja mesin pencampur zat cair tersebut.

## 2. Metodologi

### 2.1 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. Titik awal dari konsep modern mengenai ketidakpastian adalah paper yang dibuat oleh Lofti A Zadeh (1965), dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki objek-objek dari himpunan *fuzzy* yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, dan bukan dalam bentuk logika benar (*true*) atau salah (*false*), tapi dinyatakan dalam derajat (*degree*).[7] Konsep seperti ini disebut dengan *Fuzziness* dan teorinya dinamakan *Fuzzy Set Theory*. *Fuzziness* dapat didefinisikan sebagai logika kabur berkenaan dengan semantik dari suatu kejadian, fenomena atau pernyataan itu sendiri. Seringkali ditemui dalam pernyataan yang dibuat oleh seseorang, evaluasi dan suatu pengambilan keputusan.[8] Untuk mendesain *Fuzzy logic controller*, terdapat empat tahap, yaitu fuzzifikasi, implikasi *fuzzy*, agregasi *fuzzy*, dan defuzzifikasi. Pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa masukan dan keluaran *fuzzy* berupa bilangan crisp, yaitu bilangan riil bukan sebuah himpunan *fuzzy*. [9]



Gambar 2.1 Struktur Dasar Sistem Inferensi Fuzzy [7]

Proses fuzzifikasi berperan untuk mengubah masukan berupa bilangan riil menjadi himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) sedangkan proses inferensi *fuzzy* berisi aturan-aturan dasar (*rule-base*) yang menjadi acuan pengambilan keputusan *fuzzy*. Hasil dari proses inferensi tersebut adalah keputusan atau kesimpulan *fuzzy*. [10] Defuzzifikasi merupakan proses terakhir dari sistem *fuzzy* yang mengubah himpunan *fuzzy* menjadi bilangan *crisp*. [9]

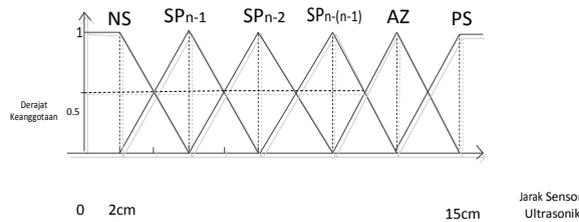
### 2.2 Sistem Kontrol Logika Fuzzy

Pada perancangan logika *fuzzy*, model *fuzzy* yang digunakan adalah metode *fuzzy* sugeno kemudian algoritma pergerakan putaran motor servo disatukan kedalam bentuk *fuzzy* lalu dibuat kode program yang dimasukkan kedalam mikrokontroler. Perancangan logika *fuzzy* ini terdiri dari fungsi keanggotaan, basis aturan/*fuzzy rule* dan defuzzifikasi. *Fuzzy logic controller* digunakan sebagai kontroler individu untuk mengatasi pergerakan masing-masing motor dengan memanfaatkan informasi sensor ultrasonic sebagai posisi selisih jarak pada tabung. Dalam merancang kontroler *Fuzzy* ada beberapa tahap yang dilakukan, yaitu :

#### a. fuzzifikasi

Pada penelitian ini, nilai variabel linguistik pada himpunan *fuzzy* dibuat berdasarkan kategori 3 bukaan katup servo yaitu, buka penuh, buka setengah dan tutup. Himpunan *fuzzy* yang dibuat terdapat jarak setpoint yang di ambil dari masukan pada sensor ultrasonic pada setiap tabungnya.

Berikut ini merupakan fungsi keanggotaan masukan (input) sensor ultrasonik yang ditunjukkan pada gambar 2.2 dibawah ini.

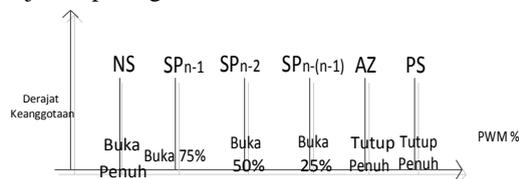


Gambar 2.2 Fungsi keanggotaan jarak sensor ultrasonic

Pada gambar 2.1 diatas himpunan fuzzy yang dibuat, keanggotaan himpunan fuzzy ditentukan oleh sensor ultrasonik untuk keanggotaan himpunannya.

b. fuzzy rule

Berikut ini merupakan basis aturan fuzzy yang dibuat untuk mengendalikan putaran motor servo pada mesin pencampuran zar cair yang ditunjukkan pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Fungsi keanggotaan output

Berikut ini merupakan fuzzy rule yang digunakan untuk basis aturan output dari nilai sensor ultrasonik yang ditunjukkan pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Fuzzy rule

Jarak servo tabung	Buka Penuh	Buka 75%	Buka 50%	Buka 25%	Tutup Penuh	Tutup Penuh
NS	✓	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
SPn-1	⊗	✓	⊗	⊗	⊗	⊗
SPn-2	⊗	⊗	✓	⊗	⊗	⊗
SPn-(n-1)	⊗	⊗	⊗	✓	⊗	⊗
AZ	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	✓
PS	⊗	⊗	⊗	⊗	✓	✓

c. defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output 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 [10]. Dalam tahap ini dilakukan pembentukan nilai output crisp (nilai tegas/tunggal). Pada proses defuzzifikasi menggunakan metode sugeno weight everage. Pada proses defuzifikasi ini nilai output yang di hasilkan berupa pwm yang menggerakkan servo.

$$Output = \frac{(w1u1 + w2u2)}{u1 + u2}$$

Pada implementasi perangkat lunak untuk logika fuzzy pada yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini merupakan kode program yang digunakan untuk melakukan proses fuzzy dimana fuzzy akan membentuk fungsi keanggotaan, basis aturan dan defuzzifikasi. Berikut ini merupakan pseudocode untuk melakukan proses logika fuzzy pada mesin pencampuran zat cair.

```

Jika(Jarak Setpoint<=NS Tabung)
uNS_tabung=1
output tabung=uNS_tabung*Buka
    Jika (NS<Jarak Setpoint<AZ)
uAZ_tabung=(Jarak Setpoint - NS_tabung)/(AZ_tabung-NS_tabung)
    
```

$$uNS\_tabung = \frac{(AZ\_tabung - Jarak\_tabung) / (AZ\_tabung - NS\_tabung) \cdot ((uAZ\_tabung \cdot Buka\_2) + (uNS\_tabung \cdot Buka))}{(uAZ\_tabung + uNS\_tabung)}$$

Jika(Jarak\_cy >= AZ dan Jarak\_cy < PS) { uAZ\_tabung=1;  
 out\_tabung=(uAZ\_tabung\*Tutup);

Jika(Jarak\_tabung >= PS\_tabung)  
 uPS\_tabung=1;  
 output tabung=uPS\_tabung\*Tutup;

out\_servo\_tabung(output tabung)

### 3. Hasil Uji Coba

Untuk melakukan uji coba kendali logika *fuzzy* pada mesin pencampur zat cair ini, diambil contoh kasus seperti yang tertera pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Tabel Uji Coba

Pengujian	Volume yang dikeluarkan (ml)	Target (ml)	Percobaan
1 Tabung	500	500	15 Kali
2 Tabung	250	500	15 Kali
	250		
3 Tabung	150	450	15 Kali
	150		
	150		

Volume awal pada masing-masing tabung sebelum dikeluarkan adalah dengan ketinggian awal setiap tabungnya 3cm dari sensor ultrasonik. Bukaan keran di hitung berdasarkan nilai pwmnya. Setiap nilai pwn untuk kondisi keran terbuka penuh adalah 2.5%, dan Nilai pwm untuk kondisi keran tertutup penuh adalah 10% Dengan kondisi awalnya yang seperti ini, hasil dari uji coba untuk masing-masing contoh kasus adalah sebagai berikut.

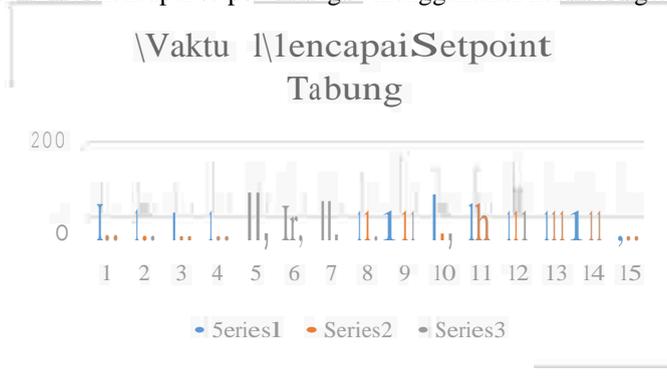
Untuk melakukan uji coba implementasi logika *fuzzy* pada mesin pencampur cat air ini, diambil contoh kasus seperti yang tertera pada grafik berikut.

1. Hasil pengujian volume output menggunakan metode kendali logika *fuzzy*



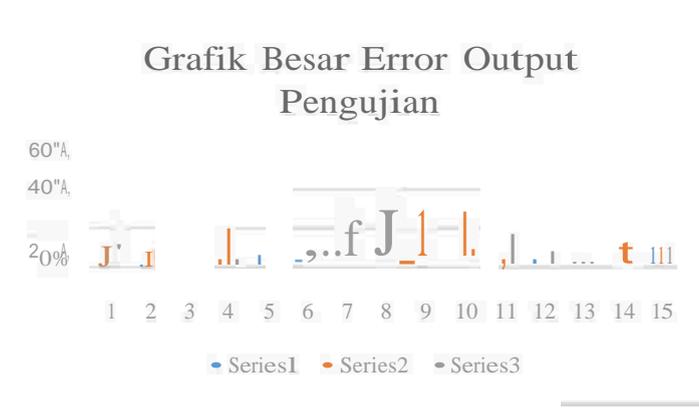
Gambar 3.1 Grafik output pada tabung

2. Waktu pengujian untuk mencapai setpoint dengan menggunakan kendali logika *fuzzy*



Gambar 3.2 Grafik waktu mencapai setpoint pada tabung

3. Besar *error* output pada saat pengujian dengan menggunakan kendali logika *fuzzy*



Gambar 2.3 Grafik *error*

- Keterangan gambar grafik :
- Series1 : Percobaan dengan volume input sebesar 500ml
  - Series2 : Percobaan dengan volume input sebesar 500ml
  - Series3 : Percobaan dengan volume input sebesar 450ml

Dari gambar 2.1 dapat dilihat bahwa volume akhir yang dikeluarkan mesin untuk pengujian dengan 1 tabung cukup baik jika dibandingkan dengan volume target yang di inginkan. Volume rata-rata yang dikeluarkan sistem pada pengujian 1 tabung adalah sebesar 513 ml. Sedangkan untuk pengujian dengan 2 tabung, rata-rata volume yang dikeluarkan adalah sebesar 451,33 ml dan pada percobaan 3 tabung rata-rata volume yang dikeluarkan adalah sebesar 386,67ml. Perbedaan volume yang dikeluarkan diakibatkan karena penggunaan 2 tabung atau lebih pada saat yang bersamaan memerlukan daya yang lebih tinggi dari sistem, sehingga pada saat proses 2 tabung atau lebih dilakukan secara bersamaan terjadi penurunan kecepatan pada proses buka tutup keran. Oleh karena itu proses 1 tabung lebih stabil bila dibandingkan dengan proses 2 tabung dan 3 tabung. Dari gambar 2.2 dapat dilihat bahwa proses dengan 1 tabung justru menghasilkan waktu total yang lebih lama bila dibandingkan dengan 2 dan 3 tabung. Rata-rata waktu untuk masing-masing pengujian adalah 1 tabung sebesar 127,39 detik, untuk 2 tabung 64,04 detik dan untuk 3 tabung 53,9 detik.

Dari grafik pengujian *error*, dapat dilihat bahwa proses mempunyai nilai *error* sebesar 3,47%, 9,73% dan 14,96%. Penurunan performa disebabkan oleh keterbatasan sensor ultrasonik yang digunakan. Sensor ultrasonik terkadang mengalami kondisi *freeze* setelah dipakai beberapa kali, sehingga pembacaan data untuk masukan logika *fuzzy* menjadi tidak sempurna dan keluaran logika *fuzzy* pun akan terpengaruh. Pemakaian 2 buah motor servo atau lebih sebagai nilai keluaran sistem secara bersamaan pun menimbulkan masalah, yaitu kecepatan buka tutup motor servo melambat ketika dipakai bersamaan karena beban pada mikrokontroler pun bertambah ketika menjalankan 2 atau lebih motor servo secara bersamaan. Karena hal itulah performa kontrol sistem menurun ketika melakukan pengujian dengan 2 motor atau lebih. Meskipun ada penurunan performa pada sistem dengan menggunakan metode *fuzzy logic controller* ketika penggunaan 2 buah motor secara bersamaan, seperti yang telah diketahui dari beberapa penelitian terkait masalah teknik kontrol logika *fuzzy*

lebih baik dari pengendali konvensional seperti PID. Kontrol Logika *Fuzzy* mencakup lebih luas kondisi operasi, dan mereka lebih mudah disesuaikan dalam hal bahasa alami.[2][12] Begitu pula dalam penelitian ini, hasil percobaan menunjukkan bahwa tingkat *error* yang dihasilkan oleh sistem dengan menggunakan metode kontrol logika *fuzzy* lebih baik bila dibandingkan dengan sistem dengan metode kendali konvensional dari penelitian terkait.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil uji coba untuk proses pencampuran 1 tabung, 2 tabung, dan 3 tabung, dapat diambil analisa dan kesimpulan bahwa :

1. Dengan menggunakan metode logika *fuzzy* , hasil akhir pencampuran ditinjau dari volume yang di hasilkan mempunyai nilai *error* sebesar 3,47%, 9,73% dan 14,96%.
2. Kecepatan proses pencampuran dengan menggunakan metode kendali logika *fuzzy* mempunyai waktu yang berbeda.
3. Performa proses pencampuran dengan 2 tabung atau lebih mengalami penurunan bila dibandingkan dengan proses pencampuran 1 tabung. Dilihat dari hasil akhir proses pencampuran dengan 1 tabung cukup baik hanya memiliki *error* rata-rata 3,47% dari target. pencampuran dengan 2 tabung, memiliki *error* rata-rata 9,73% dari target. Sedangkan proses pencampuran dengan 3 tabung memiliki *error* rata-rata sebesar 14,96% dari target.

#### 5. Referensi

- [1] M. Passino, Kevin, Yurkovich, Stephen, *Fuzzy Control*, Addison-Wesley Longman Inc., California, 1998.
- [2] Nour M.I.H, Ooi J. and Chan K.Y., 2007. "Fuzzy logic control vs. conventional PID control of an inverted pendulum robot", Proceedings of 2007 ICIAS International Conference on Intelligent and Advanced Systems, pp.209-214.
- [3] Cox E., 1998. *The fuzzy systems handbook*, Second Edition, Academic press limited London.
- [4] Kai Michels: *Fuzzy control of electric drive?*, European Conference on Power Electronics (EPE'97), Trondheim, Norway, 8-10 Sept, 1997, pp. 1.102-1.106
- [5] Om Prakash Verma and Himanshu Gupta., 2012. " Fuzzy logicBased Water Bath Temperature Control System", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering Volume 2, Issue 4, April 2012
- [6] Driankow D., Hellendoorn H. and Reinfrank M., 1996. An Introduction to *Fuzzy Control*, Narosa Publishing House, New Delhi. Philips Semiconductors Application note, 1994 "Power Control with Thyristors and Triacs" [online]. Available at: [http://www.nxp.com/documents/application\\_note/APPCHP6.pdf](http://www.nxp.com/documents/application_note/APPCHP6.pdf)
- [7] Klir, George J., Yuan, Bo. 1996. *Fuzzy Sets, Fuzzy Systems* (Selected Papers by Lotfi A. Zadeh). Singapore: World Scientific.
- [8] Sri Kusumadewi, Hari Purnomo, 2010. "Aplikasi Logika *Fuzzy* Untuk Pendukung Keputusan, edisi 2". Yogyakarta, Graha Ilmu.
- [9] Pasino, K. M., dan Yurkovich, S. , *Fuzzy Control*, Addison Wesley Longman, California, 1998.
- [10] Nabilla Gustiviana, Josaphat Pramudijanto, (Sept. 2012). Perancangan Coupled *Fuzzy logic controller* pada Prototipe Mesin Computer Numerical *Control* (CNC). JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1 ISSN: 2301-9271
- [11] Kusumadewi, Sri, Analisis dan Desain Sistem *Fuzzy* menggunakan Toolbox Matlab, Yogyakarta: Geaha Ilmu, 2002
- [12] Al-Odienat, A.I. and A.A. Al-Lawama, 2008. The Advantages of PID *Fuzzy* Controllers Over The Conventional Types. Am. J. Applied Sci., 5: 653-658.

