

## KENDALI LOGIKA FUZZY DENGAN METODA DEFUZZIFIKASI CENTER OF AREA DAN MEAN OF MAXIMA

Thiang, Resmana, Wahyudi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya  
Email : thiang@petra.ac.id, resmana@petra.ac.id

### **Abstrak**

*Pada makalah ini disajikan hasil penelitian tentang implementasi kendali logika fuzzy dengan metoda defuzzifikasi center of area (COA) dan mean of maxima (MeOM). Dalam penelitian ini, kedua metoda defuzzifikasi ini dibandingkan dengan mengimplementasikannya pada sistemplan yang sama.*

*Plan yang dipilih adalah sebuah motor universal yang akan dikendalikan kecepatannya. Kecepatan motor diatur dengan menggunakan metoda Pulse Width Modulation (PWM). Sedangkan sebagai beban motor dilakukan pengereman secara mekanik. Feedback sistem adalah sinyal frekuensi dari tacho dan sinyal frekuensi ini diubah menjadi tegangan untuk diinputkan pada komputer melalui ADC.*

*Pengujian telah dilakukan dengan berbagai variasi jumlah label dan bentuk membership function pada masing-masing metoda defuzzifikasi. Hasil pengujian menunjukkan membership function dengan bentuk segitiga dan trapezoid tidak memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap respon sistem. Metoda defuzzifikasi center of area lebih baik dibandingkan dengan metoda mean of maxima.*

*Kata Kunci : Kendali Logika Fuzzy, Center of Area, Mean of Maxima*

### **1. Pendahuluan**

Defuzzifikasi adalah langkah terakhir dalam suatu sistem kendali logika fuzzy dimana tujuannya adalah mengkonversi setiap hasil dari inference engine yang diekpresikan dalam bentuk fuzzy set ke satu bilangan real. Hasil konversi tersebut merupakan aksi yang diambil oleh sistem kendali logika fuzzy. Karena itu, pemilihan metoda defuzzifikasi yang sesuai juga turut mempengaruhi sistem kendali logika fuzzy dalam menghasilkan respon yang optimum.

#### **1.1 Metoda Defuzzifikasi Center of Area**

Metoda center of area sering kali juga dinamakan metoda center of gravity atau metoda centroid [1]. Hasil defuzzifikasi dengan metoda ini diambil dari nilai dalam suatu range dimana luasan daerah dari membership function C dibagi menjadi dua luasan yang sama besar. Nilai ini dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$d_{CA}(C) = \frac{\int_{-c}^c C(z)z dz}{\int_{-c}^c C(z)dz} \quad (1)$$

Untuk diskrit membership function dimana C didefinisikan dalam universal set  $\{z_1, z_2, z_3, \dots, z_n\}$ , persamaannya adalah sebagai berikut:

$$d_{CA}(C) = \frac{\sum_{k=1}^n C(z_k) z_k}{\sum_{k=1}^n C(z_k)} \quad (2)$$

## 1.2 Metoda defuzzifikasi Mean of Maxima

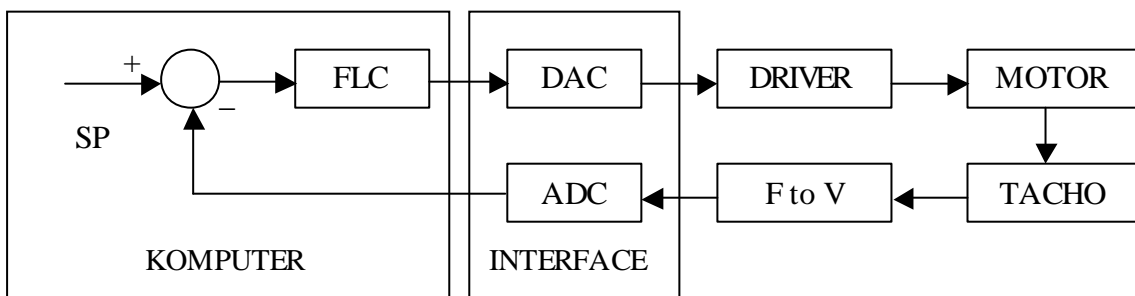
Metoda ini umumnya didefinisikan hanya untuk diskrit membership function. Nilai defuzzifikasi didapatkan dari rata-rata semua nilai crisp set  $M$  yang didefinisikan persamaan 4. Nilai didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$d_{MM}(C) = \frac{\sum_{z_k \in M} z_k}{|M|} \quad (3)$$

dimana

$$M = \{z_k \mid C(z_k) = h(C)\} \quad (4)$$

## 2. Perangkat Keras Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Kendali Kecepatan Motor Universal

Blok diagram sistem kendali kecepatan motor universal dapat dilihat pada gambar 1. Dalam plan ini, spesifikasi motor universal yang digunakan adalah 85 watt, 200/220 volt, 6000 rpm. Sebagai sensor untuk membaca kecepatan motor digunakan suatu rangkaian tachometer. Output dari rangkaian tachometer berupa sinyal frekuensi yang diubah menjadi tegangan oleh suatu rangkaian pengubah frekuensi menjadi tegangan. Tegangan output rangkaian ini oleh Analog to Digital Converter (ADC) diubah menjadi data digital yang akan dibaca oleh komputer. ADC yang digunakan adalah ADC MAX 191 yang mempunyai data output 12 bit sehingga dapat diperoleh respon kendali yang lebih baik. Proses kendali logika fuzzy dilakukan oleh program yang dibuat dengan bahasa pascal menggunakan compiler turpascal 7.0. Program ini melakukan pembacaan data aktual dari ADC yang merepresentasikan kecepatan motor kemudian dibandingkan dengan setting point dan melakukan proses fuzzy inference yang meliputi fuzzifikasi, evaluasi rule dan defuzzifikasi. Hasil fuzzy inference dioutputkan ke DAC untuk mengendalikan kecepatan motor. Respon dari sistem ditampilkan dalam bentuk grafik terhadap waktu.

Pengaturan kecepatan motor dilakukan oleh rangkaian driver motor. Rangkaian ini bekerja berdasarkan metoda Pulse Width Modulation (PWM). Output dari rangkaian pembangkit PWM akan menggerakkan optocoupler MOC 3020 yang selanjutnya memberikan trigger pada triac. Sehingga dengan mengubah duty cycle dari sinyal PWM maka kecepatan motor dapat berubah.

Rangkaian driver motor mendapat inputan dari output Digital to Analog Converter (DAC). Rangkaian driver motor mengolah sinyal analog yang berupa tegangan dari DAC untuk menghasilkan putaran motor yang sesuai. DAC yang digunakan adalah DAC 1210 yang memiliki ketelitian 12 bit.

### 3. Disain Sistem Kendali Logika Fuzzy

Sistem kendali logika fuzzy yang didisain mempunyai dua crisp input yaitu error dan perubahan error serta 1 output yaitu perubahan tegangan motor. Jumlah label untuk masing-masing input dan output membership function (MF) dibuat bervariasi demikian juga untuk bentuk membership function. Hal ini dilakukan untuk menguji bagaimana pengaruh jumlah label terhadap respon sistem kendali. Ada dua metoda defuzzifikasi yang diterapkan yaitu center of area (COA) dan mean of maxima (MeOM). Dari dua metoda ini akan dibandingkan yang mana menghasilkan respon sistem yang lebih baik.

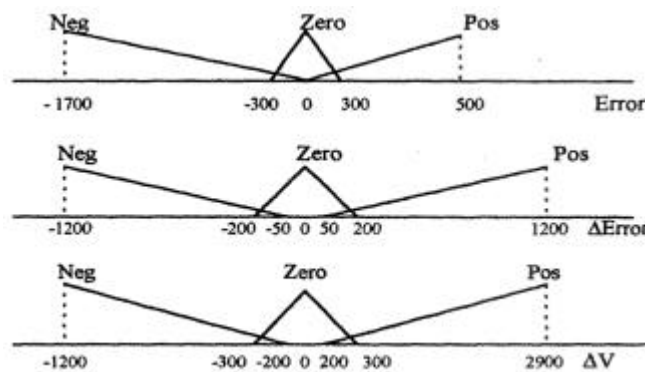
Dua crisp input yaitu error dan perubahan error kecepatan motor dalam sistem ini didefinisikan dengan perumusan sebagai berikut :

$$Error = PV - SP \tag{5}$$

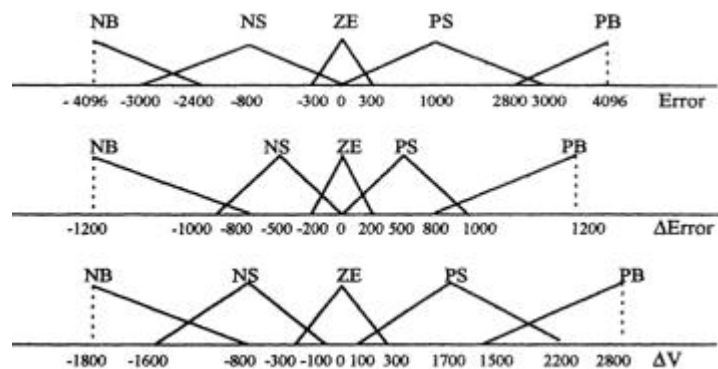
$$Derror = Error(n) - Error(n-1) \tag{6}$$

Error didefinisikan sebagai selisih antara PV dan SP dimana PV adalah nilai kecepatan motor aktual sedangkan SP adalah nilai kecepatan motor yang diinginkan. Derror didefinisikan sebagai selisih antara Error(n) dengan Error(n-1) dimana Error(n) adalah error sekarang dan Error(n-1) adalah error sebelumnya.

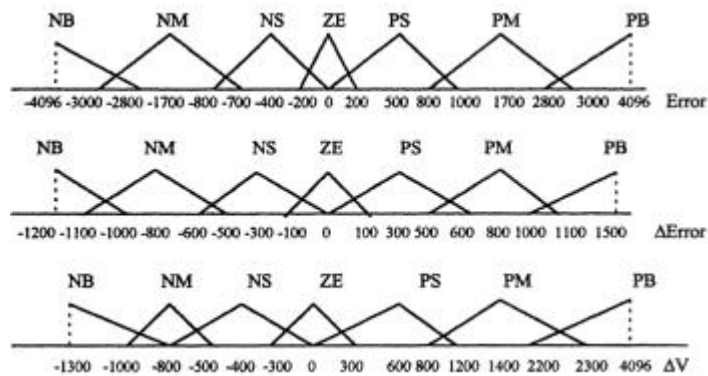
Dalam sistem ini didisain membership function untuk input dan output dengan jumlah label bervariasi yaitu 3, 5 dan 7 label dan dengan bentuk yang bervariasi yaitu segitiga dan trapezoid. Gambar 2 sampai dengan gambar 7 menunjukkan membership function untuk input dan output yang telah didisain.



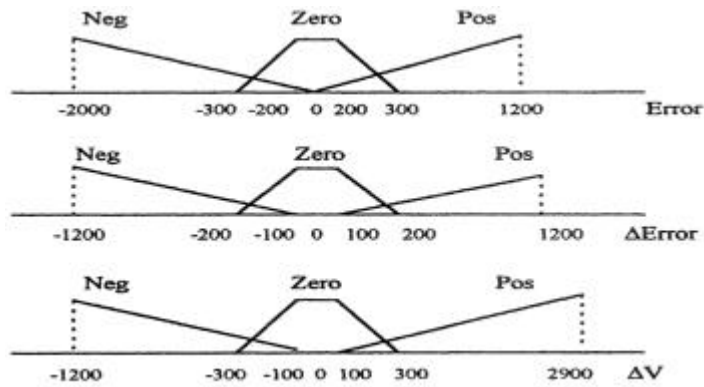
Gambar 2. Membership Function Bentuk Segitiga 3 Label



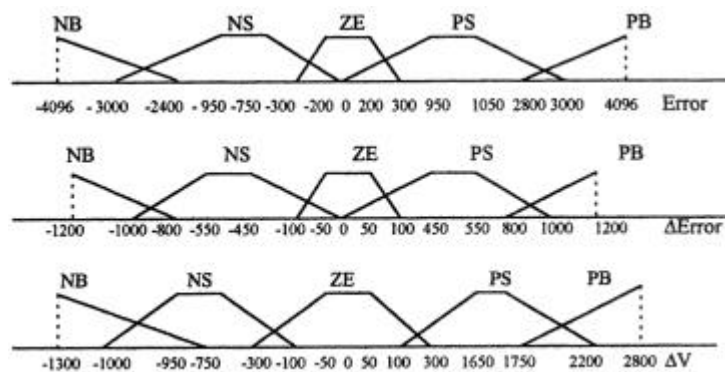
Gambar 3. Membership Function Bentuk Segitiga 5 Label



Gambar 4. Membership Function Bentuk Segitiga 7 Label

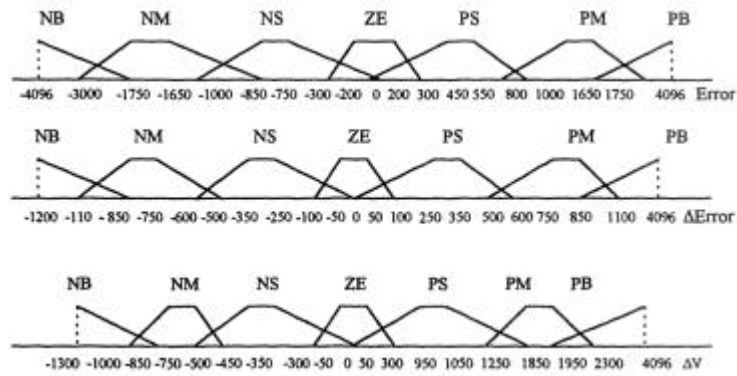


Gambar 5. Membership Function Bentuk Trapezoid 3 Label



Gambar 6. Membership Function Bentuk Trapezoid 5 Label

Pembuatan Fuzzy ifthen rule didisain dilakukan dengan mengekstrak dari pengalaman seorang operator dalam mengendalikan kecepatan motor secara manual atau pengetahuan para ahli. Jumlah rule yang digunakan bervariasi tergantung pada jumlah label dari membership function. Untuk membership function dengan tiga label maka jumlah rule yang digunakan adalah 9 rule. Untuk yang lima label digunakan 25 rule sedangkan tujuh label menggunakan 49 rule. Rule yang telah didisain dapat dilihat pada tabel 1, 2 dan 3.



Gambar 7. Membership Function Bentuk Trapezoid 7 Label

Tabel 1. Fuzzy If-Then Rule untuk Bentuk Segitiga/Trapezoid 3 Label

		Error		
		ΔV	Neg	Zero
DError	Neg	Pos	Pos	Neg
	Zero	Pos	Zero	Neg
	Pos	Pos	Neg	Neg

Tabel 2. Fuzzy If-Then Rule untuk Bentuk Segitiga/Trapezoid 6 Label

		Error				
		ΔV	NB	NS	ZE	PS
DError	NB	PB	PB	ZE	NS	NS
	NS	PB	PB	ZE	NS	NS
	ZE	PB	PB	ZE	NS	NS
	PS	PS	PS	NS	NS	NS
	PB	PS	ZE	NB	NB	NB

Tabel 3. Fuzzy If-Then Rule untuk Bentuk Segitiga/Trapezoid 7 Label

		Error						
		ΔV	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
DError	NB	PB	PM	PS	PM	NS	NS	NM
	NM	PB	PM	PS	PS	NS	NS	NM
	NS	PB	PM	PS	PS	NS	NS	NM
	ZE	PB	PM	PS	ZE	NS	NS	NM
	PS	PB	PM	PS	NS	NS	NS	NB
	PM	PB	PS	ZE	NS	NM	NM	NB
	PB	PB	PS	NS	NM	NM	NM	NB

#### 4. Hasil Pengujian

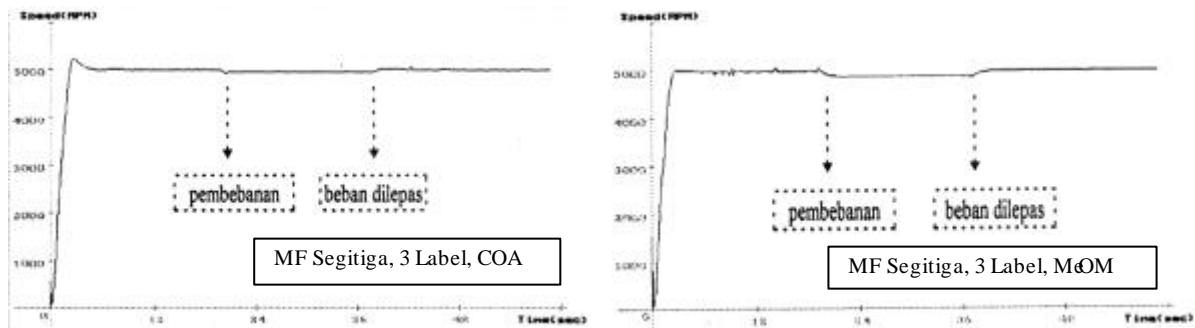
Pengujian sistem dilakukan dengan melihat respon sistem terhadap fungsi waktu. Selama selang waktu tertentu akan diamati respon sistem terhadap pemberian beban dan pelepasan beban dengan berbagai kondisi meliputi :

1. Variasi bentuk membership function
2. Variasi jumlah label membership function

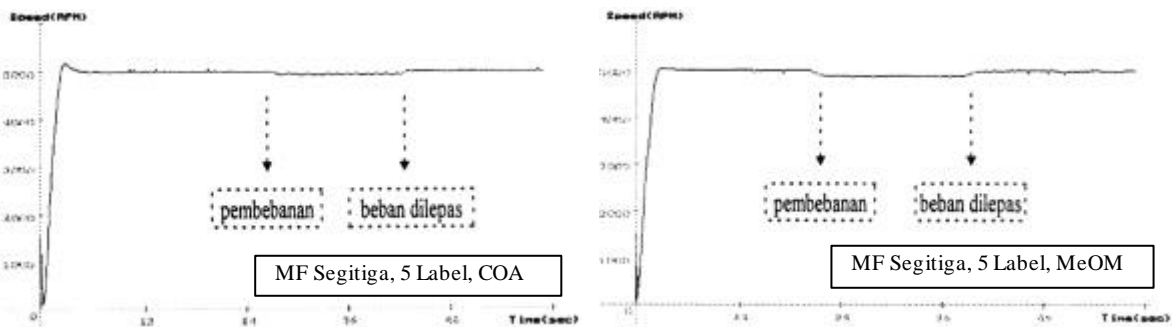
Dalam pengujian ini, beban yang diberikan adalah sebesar 100 gr dan ditentukan setting point 5000 rpm.

##### 4.1 Pengujian dengan Membership Function Bentuk Segitiga dan Variasi Jumlah Label

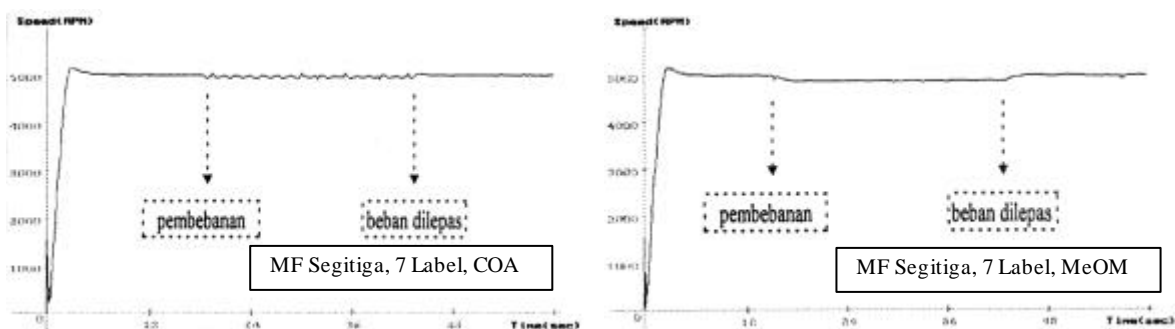
Dalam pengujian sistem ini digunakan membership function dengan bentuk segitiga dan variasi jumlah label. Pengujian ini dilakukan pada sistem yang telah didisain dengan menerapkan metoda defuzzifikasi Center of Area dan Mean of Maxima. Berikut adalah grafik respon sistem dari hasil pengujian:



Gambar 8. Respon Sistem dengan MF Segitiga, 3 Label



Gambar 9. Respon Sistem dengan MF Segitiga, 5 Label

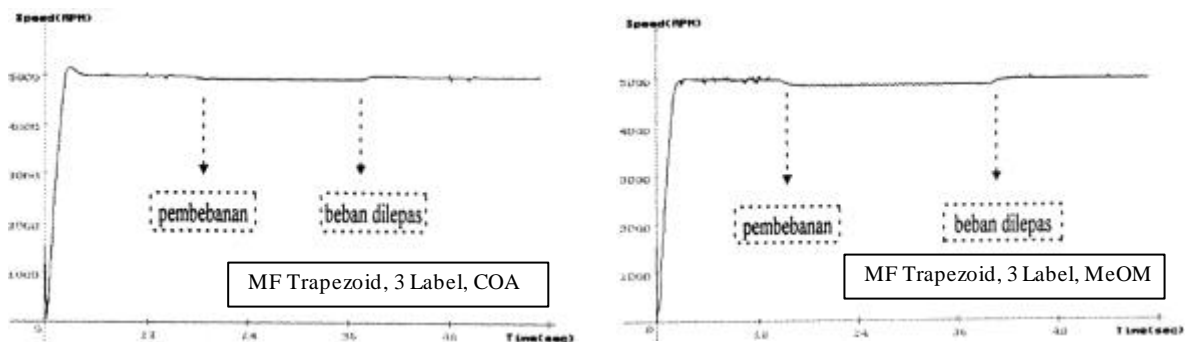


Gambar 10. Respon Sistem dengan MF Segitiga, 7 Label

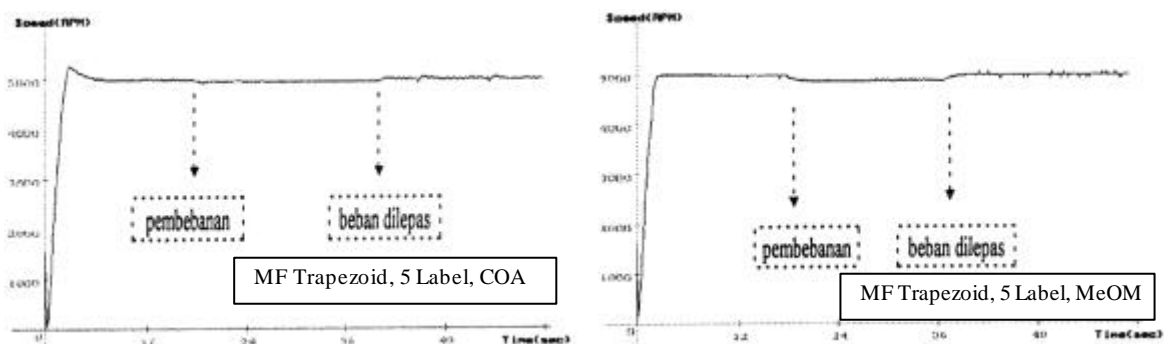
Dari grafik respon pengujian sistem terlihat bahwa secara umum metoda center of area menghasilkan kendali yang lebih baik dibandingkan dengan metoda mean of maxima. Pada saat pemberian beban, metoda center of area memberikan respon yang lebih baik dibandingkan metoda mean of maxima.

#### 4.2 Pengujian dengan Membership Function Bentuk Trapezoid dan Variasi Jumlah Label

Dalam pengujian sistem ini digunakan membership function dengan bentuk trapezoid dan variasi jumlah label. Pengujian ini dilakukan pada sistem yang telah didisain dengan menerapkan metoda defuzzifikasi center of area dan mean of maxima. Berikut adalah grafik respon sistem dari hasil pengujian:



Gambar 11. Respon Sistem dengan MF Trapezoid, 3 Label



Gambar 12. Respon Sistem dengan MF Trapezoid, 5 Label

Dari grafik respon pengujian sistem terlihat bahwa secara umum metoda center of area menghasilkan kendali yang lebih baik dibandingkan dengan metoda mean of maxima. Pada saat pemberian beban, metoda center of area memberikan respon yang lebih baik dibandingkan metoda mean of maxima.

### 5. Kesimpulan

Dari percobaan yang telah dilakukan dalam pengujian respon sistem kendali baik dengan variasi bentuk membership function, variasi jumlah label membership function terhadap kedua metoda defuzzifikasi, dapat diambil kesimpulan bahwa metoda defuzzifikasi center of area menghasilkan kendali yang lebih baik dibandingkan dengan metoda mean of maxima.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Klir, George J and Yuan Bo. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logics : Theory and Applications*, New Jersey : Prentice-Hall Inc., 1995.
- [2] Evans, Gerald W. *Application of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering*, Amsterdam : Elsevier Science Publisher B.V, 1989.
- [3] Sugeno, Michio. *Industrial Applications of Fuzzy Control*, Amsterdam : Elsevier Science Publisher B.V, 1992.
- [4] Terano, Toshiro. *Fuzzy System Theory and It's Applications*, London : Academic Press, Inc., 1992.
- [5] Terano, Toshiro *Applied Fuzzy Systems*, London : Academic Press Inc., 1994.