

## PERANCANGAN SISTEM KENDALI PADA MICROHIDRO DENGAN FUZZY LOGIC CONTROLLER

Nazrul Effendy<sup>1)</sup>, Ridwan Herdiawan<sup>2)</sup>, Fikri Nur Muhammad<sup>3)</sup> I Nym Kusuma Wardana<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4)</sup>Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Jl. Grafika No.2, Yogyakarta 55281  
E-mail : nazrul@gadjahmada.edu, fikri\_Tfugm@yahoo.com, ridwan.herdiawan@yahoo.co.id

### Abstrak

Dalam paper ini, dijelaskan aplikasi Fuzzy Logic Controller (FLC) untuk mengatur pembukaan control valve agar aliran air pada turbin microhidro bisa dijaga konstan. Sistem ini menggunakan sebuah bak penampung untuk menampung air dari sungai sebelum mengalir ke microhidro. Variabel yang dikontrol adalah level air pada bak penampung sebelum mengalir ke microhidro. Pada sistem ini yang menjadi variabel terkontrol adalah bukaan valve dan variabel yang dikontrol adalah level air pada bak penampung. Ketika level air pada bak penampung dapat dijaga konstan, maka laju aliran air atau debit dan tekanan yang menuju microhidro juga dapat dijaga konstan. Penerapan FLC ini bertujuan agar saat terjadi perubahan pada ketinggian air baik itu pada sungai maupun bak penampungan, laju aliran air atau debit dan tekanan aliran air ke microhidro dapat dijaga konstan sehingga output energi listrik yang dihasilkan dapat terjaga.

**Kata Kunci:** mikrohidro, kendali, logika fuzzy

### 1. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya air yang ada di Indonesia cukup besar khususnya yang berada pedesaan. Namun pada kenyataannya belum dapat dimanfaatkan secara optimal, sehingga sebaliknya menjadi bencana banjir. Akibat sulitnya lokasi daerah tertentu untuk dapat dijangkau oleh jaringan listrik PLN menyebabkan penduduk sekitar tidak dapat menikmati listrik sehingga dapat menimbulkan kesenjangan perekonomian, pendidikan, dan rendahnya tingkat kesehatan penduduk.

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah diperoleh. Air mengandung energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir) yang dapat dimanfaatkan dalam wujud energi mekanis atau energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai. Sejak awal abad ke-18 kincir air banyak dimanfaatkan sebagai penggerak penggilingan gandum, penggergajian kayu dan mesin tekstil. Memasuki abad ke-19 turbin air mulai dikembangkan untuk suatu pembangkitan tenaga listrik.

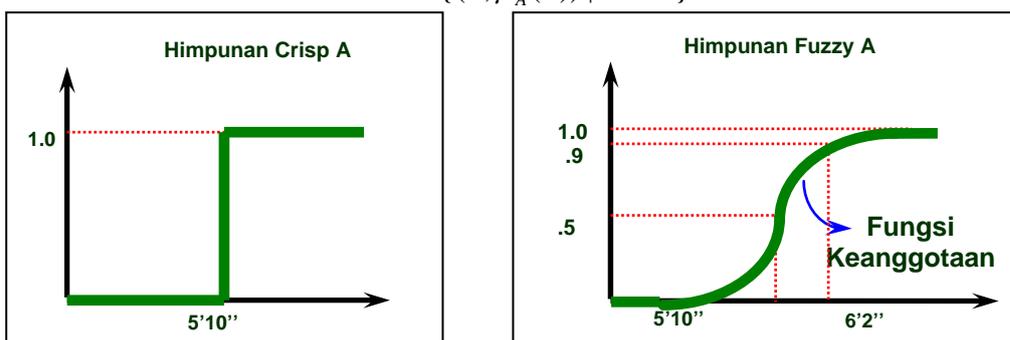
Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head ( $h$ ) dan debit air ( $Q$ ). Dalam hubungan dengan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air.

Melalui pendekatan dan penerapan teknologi tepat guna, pada penelitian ini dicoba metode mikrohidro pada daerah dataran tinggi yang tersedia sumber air yang belum dimaksimalkan pemanfaatannya. Teknologi sederhana *microhidro* ini sangat bermanfaat bagi masyarakat sekitar dan merupakan suatu teknologi pembangkit daya listrik bersekala kecil dengan memanfaatkan potensi tenaga air berupa tinggi terjunan ( $H$ ) dan debit ( $Q$ ), sebagai tenaga penggerak atau pemutar dengan kincir air dan poros turbin. Selanjutnya, daya yang dihasilkan oleh putaran poros turbin digunakan untuk menjalankan pompa air dengan menggunakan transmisi berupa *pulley* dan *belt*, sehingga dapat menghasilkan tenaga listrik 2.000 – 10.000 watt tergantung ketersediaan air baku.

### 2. LOGIKA FUZZY

Himpunan Fuzzy adalah sebuah pengelompokan penalaran data input. Derajat keanggotaan pada logika Fuzzy berada pada rentang dari 0 (nol) sampai dengan 1 (satu). Logika Fuzzy ini digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang sifatnya *linguistic* (menggunakan bahasa). Nilai himpunan keanggotaan himpunan fuzzy dapat dituliskan menjadi : (Effendy, dkk. 2008)

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (1)$$



Gambar 1. Perbandingan Fungsi Keanggotaan Crisp dan Fuzzy type Gauss

**2.1. Elemen dasar Fuzzy:** (Effendy, dkk. 2008)

1. Basis kaidah (*rule base*), yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar
2. Suatu mekanisme pengambilan keputusan (*inference engine*), yang memperagakan bagaimana para pakar mengambil suatu keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*knowledge*)
3. Proses fuzzifikasi (*fuzzification*), yang mengubah besaran tegas (*crisp*) ke besaran fuzzy
4. Proses defuzzifikasi (*defuzzification*), yang mengubah besaran fuzzy hasil dari *inference engine*, menjadi besaran tegas (*crisp*).

**2.2. Fungsi Keanggotaan** (Effendy, dkk. 2008)

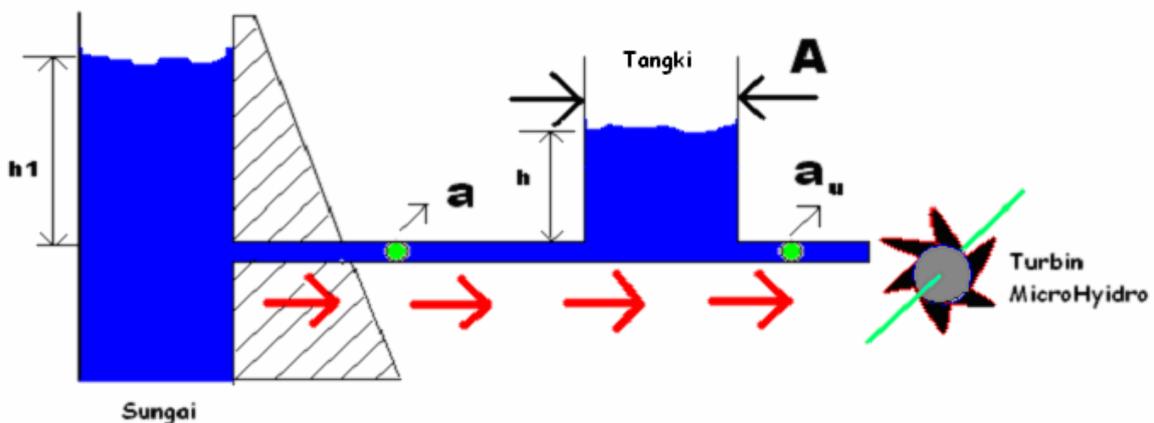
Triangular MF : 
$$trimf(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right)$$

Trapezoidal MF : 
$$trapmf(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$

Gaussian MF : 
$$gaussmf(x; a, b, c) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2}$$

Generalized bell MF : 
$$gbellmf(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-c}{b}\right|^{2b}}$$

**3. PEMODELAN SISTEM**



Gambar 2. Pemodelan sistem mikrohidro

Di dalam pengontrolan turbin microhidro, aliran fluida tersebut berasal dari sungai yang kemudian ditampung ke dalam sebuah tangki dengan luasan (*A*) dan ketinggian (*h*) yang dihubungkan dengan menggunakan saluran. Saluran tersebut terdapat valve, dimana valve tersebut kita kontrol agar didapatkan beberapa nilai dari parameter-parameter yang diinginkan (*set point*). Terdapat 2 valve dalam sistem pengontrolan tersebut:

- *a* : luasan valve dari sungai ke sebuah tangki.
- *au* : luasan valve dari sebuah tangki menuju ke turbin.

Parameter-parameter yang mempengaruhi dalam sistem tersebut antara lain : kecepatan fluida, tekanan dalam tangki, perubahan ketinggian dan juga debit aliran fluida.

Dari data tersebut didapatkan, (Sihana, 2007; Streeter, dkk, 1985)

Neraca massa :

$$A \frac{dh}{dt} = av - a_u v_u \quad (2)$$

Model sistem :

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{a_u}{A} \sqrt{2gh} + \frac{a}{A} v \quad (3)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{l} (h_1 - h) - \frac{c}{2l} v^2 \quad (4)$$

$$P = \frac{1}{2} \rho a_u v_u^3 = \frac{1}{2} \rho a_u (2gh)^{3/2} \quad (5)$$

Dalam kenyataannya, nilai  $a$  dan  $a_u$  dapat diganti oleh suatu kran atau *control valve*. Dalam perancangan sistem kontrol memakai logika fuzzy ini, nilai  $a$  dan  $a_u$  akan diatur yang juga berarti mengatur bukaan *control valve*. Sistem pengontrolan ini diterapkan untuk menetapkan tinggi level ( $h$ ) berdasarkan nilai set point. Dalam rancangan ini, *set point* yang diharapkan pada  $h_1$  dan  $h_2$  setinggi 3m dan juga agar nilai keluaran debit pada Turbin Microhidro konstan.

Fluida yang mengalir pada sistem ini diasumsikan adalah air dengan suhu operasi 25°C. Dalam sistem ini, ditetapkan beberapa variabel proses sebagai berikut:

$D_{\text{tangki}}$	= 1m	$H_{\text{sungai}}$	= 5m
$D_{\text{sungai}}$	= 1m	$v$	= 0,5 m <sup>3</sup> /s (konstan)
$A_{\text{tangki}}$	= 5m <sup>2</sup>	$\rho$	= 997,1 kg/m <sup>3</sup>
$h_{\text{tangki}}$	= 5 m	$Pa$	= 1,01×10 <sup>5</sup> pascal
$a$	= 0,07m	$g$	= 9,8 m/s <sup>2</sup>
$a_u$	= 0,15m		

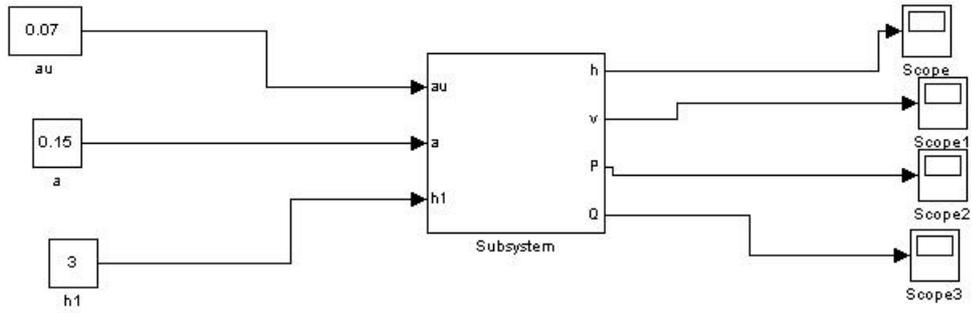
### 3.1. Batasan Sistem

Sebelum dilakukan perancangan menggunakan logika fuzzy maka dilakukan suatu perhitungan dimana diusahakan bahwa tinggi air berada pada set pointnya, yaitu sebesar 3 m. Karena tinggi tangki adalah 5 meter, maka dirancang bahwa air tidak boleh melebihi ketinggian itu. Bagaimanapun keadaan control valve, dirancang agar memenuhi kondisi air yang tidak melebihi ketinggian tangki. Sebagai contoh jika dalam suatu keadaan ternyata kontrol valve macet dan gagal berfungsi misal tidak dapat membuka atau menutup, maka dirancang air tidak akan melebihi ketinggian tangki.

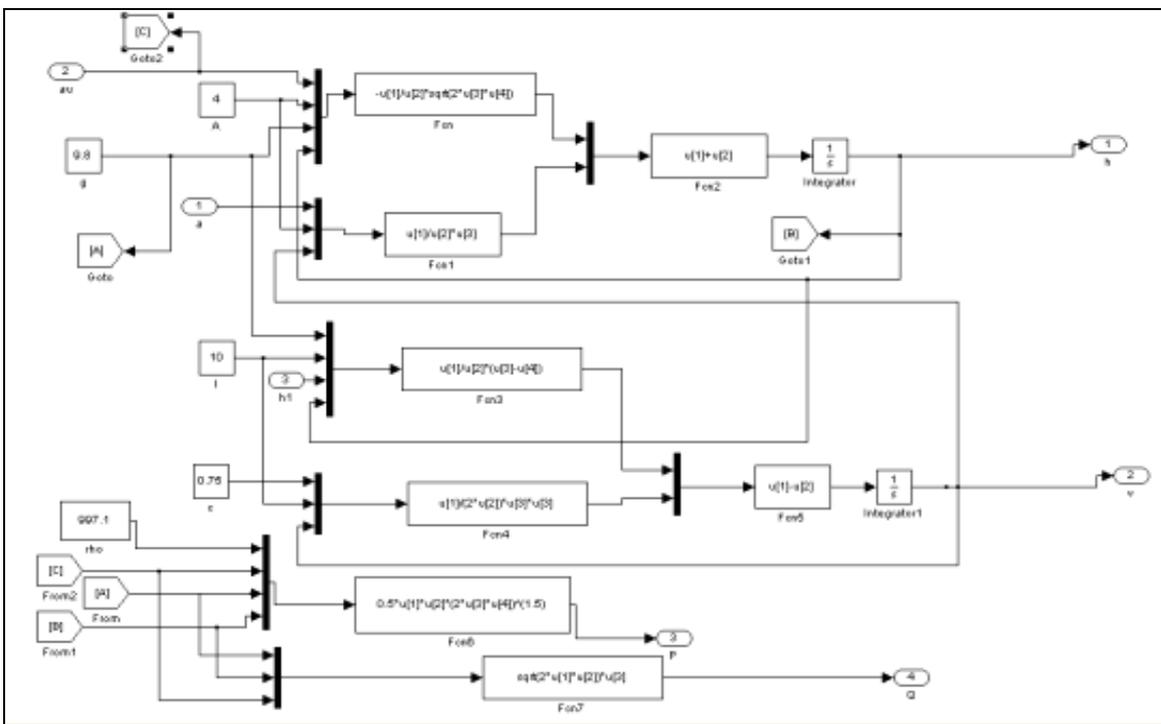
Untuk memenuhi kriteria di atas, maka ditetapkan suatu nilai rentang kerja dari  $a$  dan  $a_u$ . Dalam hal ini, dirancang jika terjadi kondisi terburuk sekalipun, air hanya akan maksimal berketinggian 4 m atau minimal 2 m. Berarti tidak ada istilah tangki luber ataupun tangki kosong.

## 4. PERANCANGAN SISTEM

Di dalam perancangan pengontrolan sistem microhidro, sistem tersebut dikontrol menggunakan Fuzzy logic Controller. Terlebih dahulu dirancang suatu model sistem mikrohidro. Hasil pemodelan sistem mikrohidro tersebut ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



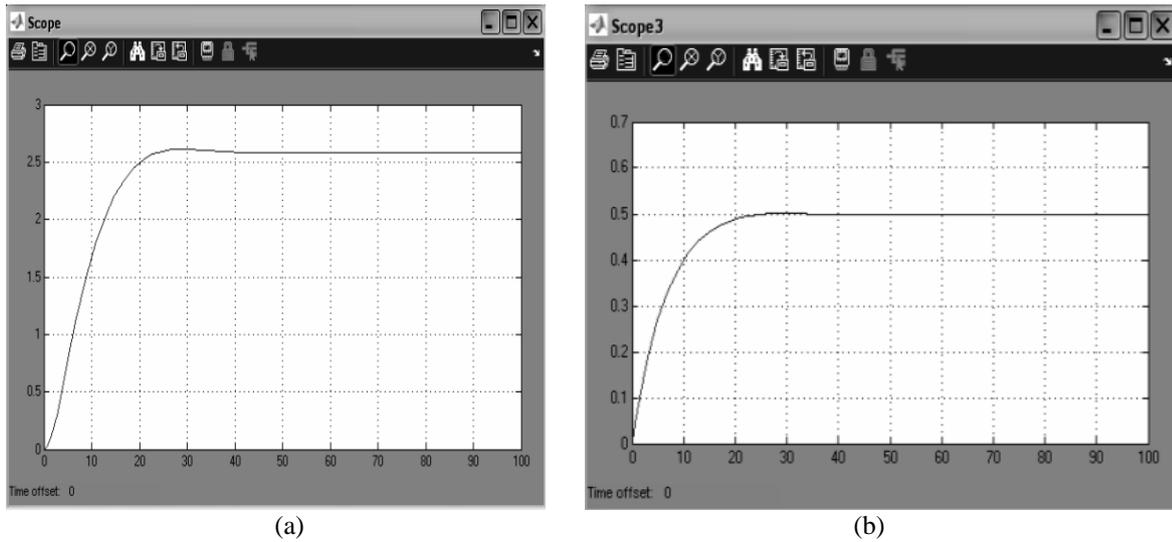
Gambar 3. Pemodelan sistem mikrohidro tanpa pengontrol



Gambar 4. Detil pemodelan sistem mikrohidro

## 5. PEMBAHASAN

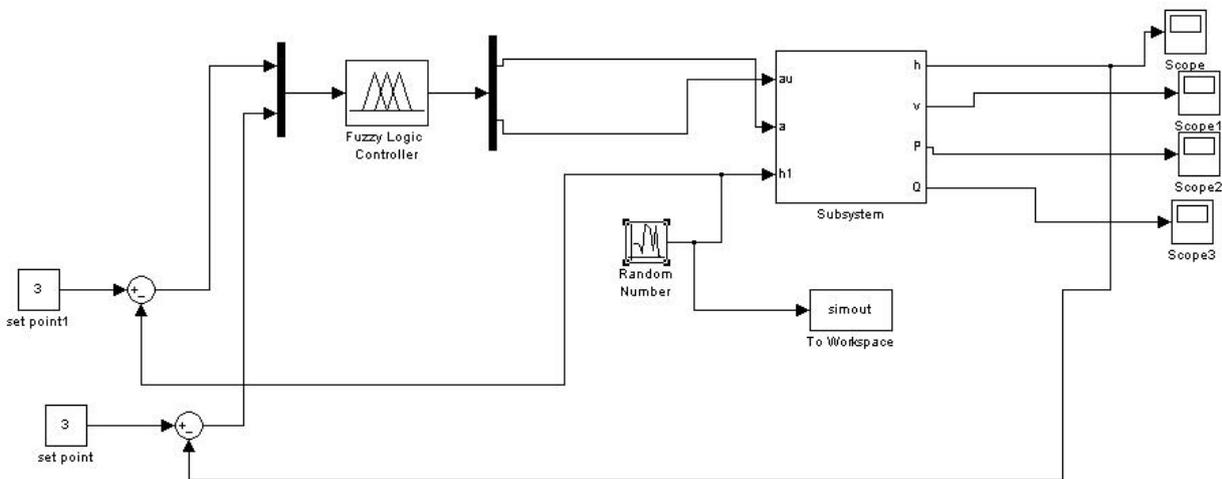
Dengan menjalankan model yang sudah dirancang menggunakan simulink (Gambar 4), diperoleh data untuk karakteristik level ketinggian pada tangki dan debit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



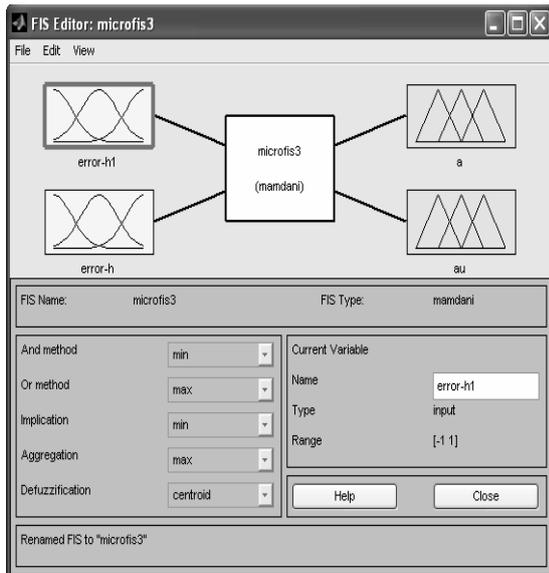
Rata-rata nilai set point akan mencapai kestabilan dengan tinggi  $h = 2,6$  m setelah 35 detik dan debit sebesar  $Q = 0,5$  l/s setelah 30 detik. Memang sistem tidak mencapai angka 3m pada ketinggian, namun penunjukkan ini dapat digunakan sebagai acuan dalam merancang pengontrol agar diperoleh sifat yang lebih baik.

**Perancangan Sistem Fuzzy**

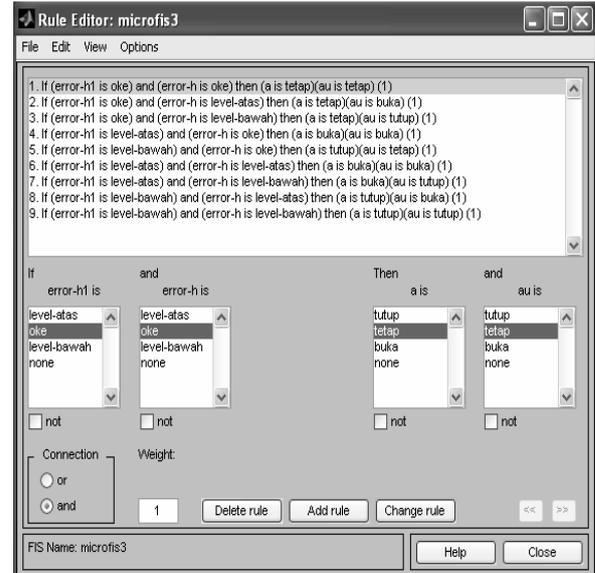
Sistem fuzzy logic controller merupakan sistem yang dirancang untuk memperbaiki kinerja sistem yang tanpa dilengkapi sistem pengontrol. Pengontrol fuzzy dirancang dengan 2 nilai input dan 2 nilai output. Nilai inputnya di sini adalah error level  $h$  dan error level  $h1$ . Sedangkan yang menjadi nilai outputnya adalah  $a$  dan  $a_u$ , dimana pada pembahasan sebelumnya telah diketahui bahwa dengan mengatur nilai  $a$  dan  $a_u$ , maka ketinggian pada tangki dapat diatur pula.



Gambar 6. Model sistem mikrohidro dengan Fuzzy Logic Controller



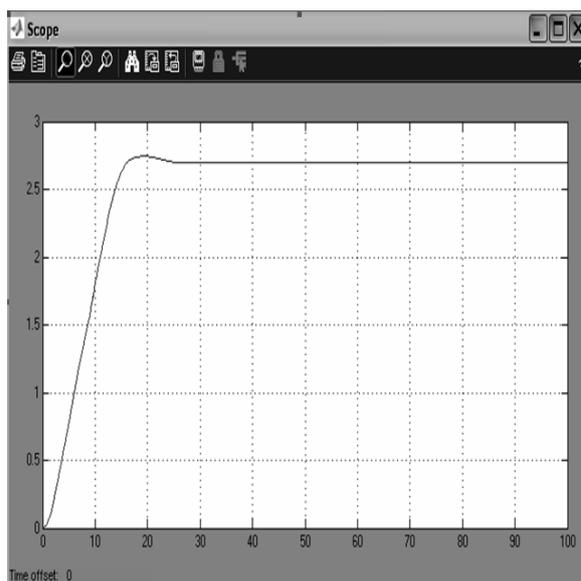
(a)



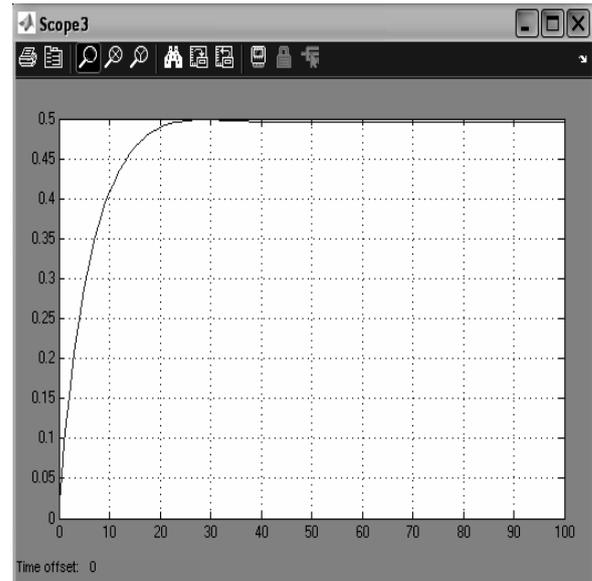
(b)

Gambar 7. (a) FIS Editor, (b) Rule Editor Sistem Fuzzy Logic Controller

Hasil dari simulasi pengendalian sistem menggunakan Fuzzy Logic Controller ditunjukkan pada Gambar 8.



(a)



(b)

Gambar 8. (a) Karakteristik level  $h$  dan (b) debit  $Q$  dengan fuzzy logic controller

Dari percobaan menggunakan pengontrol fuzzy diperoleh waktu ajeg yang didapat lebih cepat dibandingkan dengan sistem tanpa pengontrol dan error terhadap nilai setting menjadi lebih kecil.

## 6. KESIMPULAN

Melalui penerapan pengontrol fuzzy pada sistem mikrohidro dapat memperbaiki waktu ajeg dari sistem yang tanpa dilengkapi dengan pengontrol.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Effendy, N., Imanto, R., Praha, A. dan Wardana, I. 2008. *Pengendalian Debit Air Sungai Berdasarkan Curah Hujan Dengan Neuro-Fuzzy*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV, Yogyakarta.
- Kuswadi, S. 2007. *Kendali Cerdas: Teori dan Aplikasinya*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Sihana. 2007. *Bahan Ajar Kuliah Dinamika Sistem*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Streeter, Victor L & Wylie, E. Benjemin. 1985 *Mekanika Fluida*, Edisi Delapan, Jilid 1. Erlangga. Jakarta.