

# ANALISA MODEL PENGENDALIAN TEMPERATUR PROSES PASTEURISASI PADA PT X DENGAN MEMBANDINGKAN PID CONTROL DENGAN SYSTEM ANFIS

Ane Prasetyowati R, Marcellius Tri Widadi

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila  
Jl. Srengseng Ps. Minggu, Jakarta 12640  
Email : ane\_prast@yahoo.com

**Abstract** – The existence of a controller in a control system has a major contribution to the behavior of the system. One task is to reduce the control error signal, ie the difference between the actual signal and the signal settings. Therefore used the PID control system has the characteristic of which is to improve the transient response, eliminating the steady state error and damping effect, but it has a fairly long response that made the process parameter optimization of the gains by using ANFIS. In this research, the simulation is done by using 3 pieces of data parameters: Flow, Control Valve, Temperature setting with 2 pieces of data input function with trapezoidal keanggotaan with small CV value of variable ( 15, 20, 25, 30 ) being ( 25 30 35 40 ) width ( 35 40 45 50 ) and variable low flow ( 4.8, 5, 5.2, 5.4 ) were ( 5.2, 5.4, 5.6, 5.8 ) higher ( 5.6, 5.8, 6, 6.2 ) with the training method hybrid models. ANFIS has the characteristics of quick response but have large overshoot compared to the output of the PID.

**Kata Kunci** : PID, ANFIS, overshoot, steady state, rise time

## I. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang ini, persaingan dalam dunia industri sangat kompetitif. Sehingga diperlukan usaha agar produk yang dihasilkan oleh suatu pabrik memenuhi harapan dari konsumennya. Salah satu harapan yaitu kualitas produk itu sendiri.

PT X merupakan salah satu *consumer goods companies* yang produk utamanya adalah susu olahan yang merupakan kebutuhan utama manusia akan nutrisi yang menyehatkan. PT X berkomitmen memberikan produk yang berkualitas kepada konsumen. Selain susu segar yang berkualitas, kualitas suatu produk tidak lepas dari proses produksi. Terdapat beberapa tahapan dalam pengolahan susu mulai dari evaporasi mixing pasteurisasi flash cooler homogenizer dan spray dryer (untuk susu bubuk).

Pasteurisasi merupakan salah satu tahapan yang sangat penting didalam pengolahan susu. *Pasteurisasi* adalah suatu proses pemanasan setiap komponen (partikel) dalam susupada suhu dibawah  $100^{\circ}\text{C}$  dalam jangka waktu tertentu yang bertujuan untuk mematikan mikroba yang ada dalam susu. Saat ini dikenal dua metode yang lazim digunakan pada proses *pasteurisasi* susu, yaitu LTLT (*Low temperature long time*) dan HTST (*High Temperature Short Time*). Metode LTLT pada dasarnya dilakukan dengan pemanasan susu sampai suhu  $63 - 65^{\circ}\text{C}$  dan dipertahankan pada suhu tersebut selama 30 menit. Sedangkan metode HTST dilakukan dengan pemanasan susu selama 15 detik pada suhu  $70 - 71^{\circ}\text{C}$  atau lebih dengan menggunakan alat penukar panas (*Heat Exchanger*) dan diikuti dengan proses pendinginan susu dengan cepat

agar mikroba yang masih hidup tidak tumbuh kembali.

Temperature pada proses pasteurisasi harus selalu stabil dan sesuai dengan set point yang sudah ditentukan karena bila temperature tidak stabil hasil produk susu akan rusak/cacat.

## II. METODE PENELITIAN

Tahap awal dalam perancangan analisa model pengendalian temperatur proses pasteurisasi PT X dengan membandingkan PID control dengan system ANFIS adalah dengan mengumpulkan data data yang diperlukan sebagai sumber acuan untuk analisa. Data-data diambil pada saat proses pasteurisasi dalam pengolahan susu di PT X.

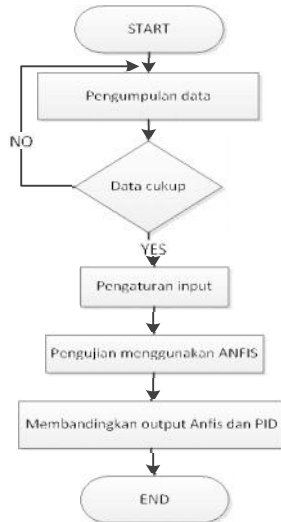
Untuk proses pengerjaan perancangan dan simulasi, setelah selesai pengumpulan data selanjutnya proses analisis akan dilakukan dengan memetakan data input dengan output yang tepat menggunakan metode ANFIS untuk flowchart proses pengerjaan perancangan dan simulasi adalah sebagaimana pada Gambar 1 dan 2.

### 2.1. Pengumpulan Data

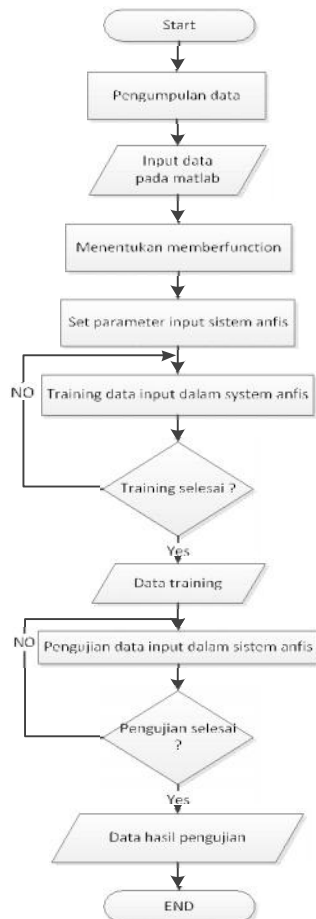
Data real yang diperoleh berdasarkan pengambilan data langsung di lapangan. Penulis mengambil data dari trending yang ada di HMI (wonderware) proses pasteurisasi line 2 yang berada di departemen wet powder proses PT X.

Dalam melakukan pengambilan data trending temperature, flow dan control valve yang digunakan pada proses pasteurisasi line 2 yaitu TE05718, FT05530 dan TCV05718 dengan cara melakukan print screen trending yang ada

pada HMI. Grafik yang dihasilkan trending kemudian penulis rubah dalam format excel agar lebih mudah dalam pengolahan data.



Gambar 1. Flowchart proses pengerjaan perancangan simulasi



Gambar 2. Flowchart simulasi menggunakan ANFIS

Temperature pasteurizer dipengaruhi oleh flow produk dan bukaan control valve, Control valve digunakan untuk pengontrolan buka tutup

steam. Sehingga temperature akan berbanding lurus dengan bukaan control valve tersebut.

## 2.2. Menentukan variable dan himpunan fuzzy

Untuk memudahkan dalam proses analisa model control temperature proses pasteurisasi PT X dengan membandingkan PID control dengan system Anfis diperlukan variable variable yang jelas untuk digunakan dalam menentukan himpunan fuzzy. Adapun variable variable yang digunakan dalam untuk menentukan himpunan fuzzy adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Table variable

Fungsi	Nama Variable	Satuan
Input	CV	%
	Flow	ton/h
output	temperature	0C

Setelah variabel – variabel ditentukan selanjutnya menentukan himpunan fuzzy sesuai dengan variable yang telah ditentukan , berikut ini adalah data himpunan fuzzy :

Table 2. Table himpunan fuzzy

Nama Variable	Satuan	Himpunan Fuzzy	Domain
temperature	0C		$f=(k)$
CV	%	Bukaan lebar	$\geq 40$
		Bukaan sedang	35
		Bukaan kecil	$\leq 30$
Flow	ton/h	rendah	$\leq 5,4$
		sedang	5,6
		tinggi	$\geq 5,8$

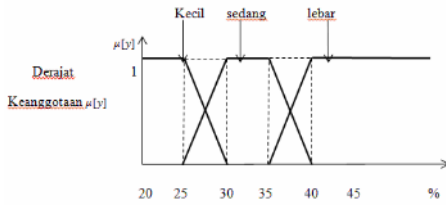
Didalam anfis variable output temperature bukan berupa himpunan tetapi berupa konstanta.

### 2.2.1. Menentukan membership function

Langkah berikutnya adalah menentukan fungsi keanggotaan (*membership function*), baik masukan maupun keluaran.

**2.2.2. Variable control valve**

Sedangkan untuk keluaran dibagi menjadi 3 yaitulebar, sedang, dan kecil pada variable control valve direpresentasikan dalam bentuk kurva trapezoid seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3. Kurva trapezoid variable Control valve

Secara matematis fungsi keanggotaan control valve dapat dituliskan sebagai berikut, untuk variable control valve dengan himpunan fuzzy kecil :

$$\mu \text{ KECIL } [y] = \begin{cases} 0; & y \geq 25 \\ (30-y) / (30-25); & 25 \leq y \leq 30 \\ 1; & y \leq 25 \end{cases}$$

Untuk variable control valve dengan himpunan fuzzy sedang :

$$\mu \text{ sedang } [y] = \begin{cases} 0; & y \leq 25 \text{ atau } y \geq 40 \\ (y-25) / (30-25); & 25 \leq y \leq 30 \\ 1; & 30 \leq y \leq 35 \\ (40-y) / (40-35); & 35 \leq y \leq 40 \end{cases}$$

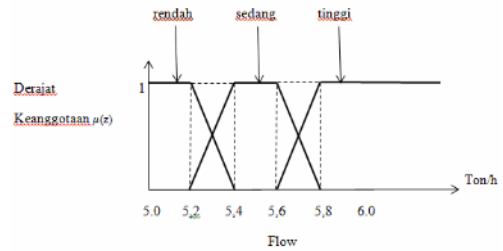
Untuk variable control valve dengan himpunan fuzzy lebar :

$$\mu \text{ LEBAR } [y] = \begin{cases} 0; & y \leq 35 \\ (y-35) / (35-30); & 35 \leq y \leq 40 \\ 1; & y \geq 40 \end{cases}$$

**2.2.3. Variable Flow**

Fungsi keanggotaan masukan Flow ditentukan terdiri dari 3 variable yaiturendah, sedang, dan tinggi pada variable control valve direpresentasikan dalam bentuk kurva trapezoid seperti Gambar 4. Secara matematis fungsi keanggotaan temperature dapat dituliskan sebagai berikut: Untuk variable flow dengan himpunan fuzzy rendah :

$$\mu \text{ RENDAH } [Z] = \begin{cases} 0; & Z \geq 5,4 \\ (5,4-Z) / (5,4-5,2); & 5,2 \leq Z \leq 5,4 \\ 1; & Z \leq 5,2 \end{cases}$$



Gambar 4. kurva trapezoid variable flow

Untuk variable flow dengan himpunan fuzzy sedang :

$$\mu \text{ SEDANG } [Z] = \begin{cases} 0; & Z \leq 5,2 \text{ atau } Z \geq 5,8 \\ (Z-5,2) / (5,4-5,2); & 5,2 \leq Z \leq 5,4 \\ 1; & 5,4 \leq Z \leq 5,6 \\ (6-Z) / (6-5); & 5,6 \leq Z \leq 5,8 \end{cases}$$

Untuk variable flow dengan himpunan fuzzy tinggi :

$$\mu \text{ TINGGI } [Z] = \begin{cases} 0; & Z \leq 5,6 \\ (Z-5) / (6-5); & 5,6 \leq Z \leq 5,8 \\ 1; & Z \geq 5,8 \end{cases}$$

**2.2. Training data input dan Evaluasi data**

**hasil pengujian**

Pada simulasi ini menggunakan jumlah data masukan sebanyak 322 data untuk proses training dan testing. Data ini diperoleh dari trending HMI pada saat proses pasteurizer berjalan. Untuk mengetahui performance ANFIS yang telah ditraining dengan data awal (trainData), digunakan pengukuran kesalahan / error dengan metode RMSE (Root Mean Square Error ). Metode ini digunakan untuk mengetahui seberapa akurat hasil output pengujian dengan metode ANFIS terhadap data awalnya.

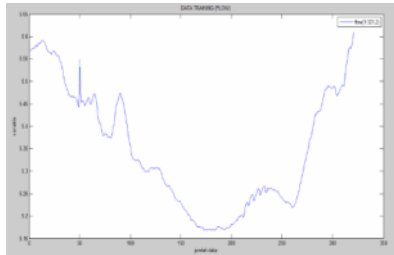
**III. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Pada proses defuzzifier yang pada penelitian ini untuk menentukan keluaran berupa temperature dengan metode wtaver (weighted average). Pada proses training system ANFIS digunakan metode hybrid. Pada bagian input terdapat dua masukan seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya yaitu: Y= variable control valve (dalam %) ,Z= variable flow (dalam ton/h), sedangkan bagian output Temperature (°C). Untuk mendapatkan fungsi membership dan rule yang dapat menghasilkan system yang baik digunakan cara trial and error.

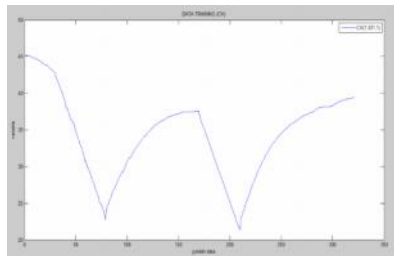
**3.1. Plotting Data Training**

Data yang digunakan merupakan data training dari HMI pada saat proses pasteurisasi

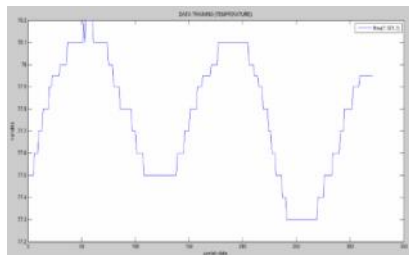
kemudian data tersebut diinverse untuk mendapatkan data awal untuk skrip PID penulis tidak mempublikasikan karena merupakan privasi perusahaan. Data yang diperoleh terdiri dari beberapa variable yaitu variable control valve (%), flow (ton/h) sebagai input, sedangkan variable temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) merupakan output. Ploting data training terlihat seperti gambar berikut:



Gambar 5. Ploting variable flow



Gambar 6. Ploting variable control valve (CV)



Gambar 7. Ploting Variable temperature

### 3.2. Analisa Aturan

Pada analisa ini dibuat pengelompokan data pada masing masing himpunan fuzzy dengan cara membuat nilai klasifikasi himpunan fuzzy. Data yang mempunyai nilai 0 pada derajat keanggotaannya tidak termasuk kedalam klasifikasi himpunan fuzzy. Adapun klasifikasi himpunan fuzzy antara lain:

- KECIL bukaan 25%
- SEDANG 30% bukaan 35%
- LEBAR bukaan 40%
- RENDAH flow 5,2ton/h
- SEDANG 5,4ton/h bukaan 5,6ton/h
- TINGGI bukaan 5,8ton/h.

### 3.3. Derajat Keanggotaan

Untuk masing masing variable input dibuat derajat keanggotaan seperti yang telah dijelaskan yang terdapat pada bab 3. Pada variable CV dibuat derajat keanggotaan masing masing data dengan rumus yang mengacu pada sub bab 2.2.2

Pada data ke 1 dengan bukaan CV 45,2 % maka hasil yang didapat:

$$\mu_{\text{LEBAR}} [y] = 1 \quad y \geq 40$$

Pada data ke 2 dengan bukaan CV 45,2 % maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [y] = 1 \quad y \geq 40$$

Pada data ke 3 dengan bukaan CV 45,15 % maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [y] = 1 \quad y \geq 40$$

Pada data ke 4 dengan bukaan CV 45,1 % maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [y] = 1 \quad y \geq 40$$

Pada variable CV dibuat derajat keanggotaan masing masing data dengan rumus yang mengacu pada subbab 2.2.3. Pada data ke 1 dengan bukaan flow 5.57ton/h maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [z] = 1 \quad 5,4 \leq z \leq 5,6$$

Pada data ke 2 dengan bukaan flow 5.57ton/h maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [z] = 1 \quad 5,4 \leq z \leq 5,6$$

Pada data ke 3 dengan bukaan flow 5.573ton/h maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [z] = 1 \quad 5,4 \leq z \leq 5,6$$

Pada data ke 4 dengan bukaan flow 5.573ton/h maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [z] = 1 \quad 5,4 \leq z \leq 5,6$$

Pada data ke 5 dengan bukaan flow 5.5755ton/h maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [z] = 1 \quad 5,4 \leq z \leq 5,6$$

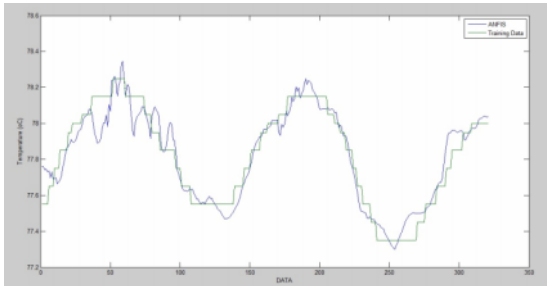
Pada data ke 6 dengan bukaan flow 5.5755ton/h maka hasil yang didapat :

$$\mu_{\text{LEBAR}} [z] = 1 \quad 5,4 \leq z \leq 5,6$$

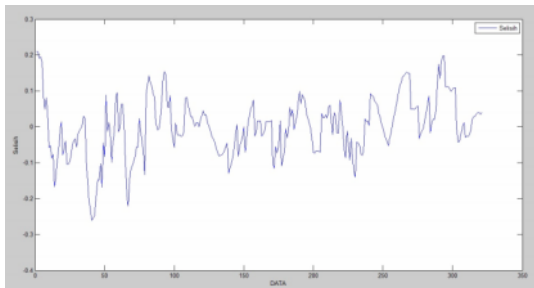
### 3.4. Pengujian Data Training

Untuk hasil simulasi pengujian data training pada matlab dengan metode ANFIS dapat dilihat dalam Gambar 8 dan 9. Dari hasil ploting dapat kita lihat Ploting pertama pada gambar merupakan prediksi temperature menggunakan data training, dari ploting dapat kita lihat temperature tidak melewati ambang batas yaitu kurang lebih  $1^{\circ}\text{C}$  sehingga nilai terendah dan

tertinggi output ANFIS masih dalam batas toleransi. Nilai terendah data output ANFIS 77.29800204°C dan nilai tertinggi output ANFIS 78.34536171°C. Ploting kedua pada gambar menunjukkan selisih nilai yang dihasilkan dari data output dengan data output ANFIS.



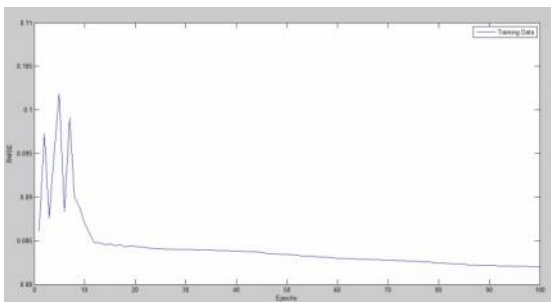
Gambar 8. Ploting data training dengan output ANFIS



Gambar 9. Ploting nilai selisih output ANFIS dan data Training

### 3.5. RMSE (Root Mean Square Error)

RMSE (Root Mean Square Error) merupakan salah satu cara untuk mengevaluasi performance dari hasil pengujian dengan metode ANFIS. Pengujian dilakukan dengan 100 epoch. Dari hasil pengujian dapat kita lihat nilai error pada pengujian data training.



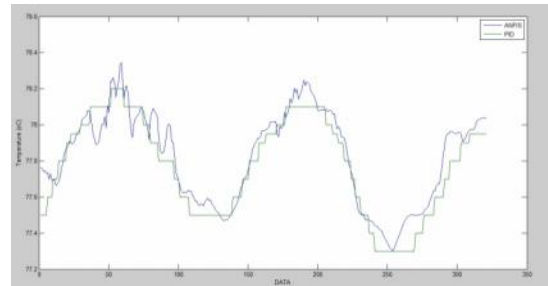
Gambar 10. Ploting RMSE

Dari hasil ploting training error dapat kita lihat nilai error terbesar 0.101901 sedangkan nilai error terkecil 0.081993 pada iterasi ke 100. dari data tabel diatas juga dapat kita ketahui nilai rata-rata error yang dihasilkan pada saat pelatihan adalah  $8.414956/100 = 0.08415$ .

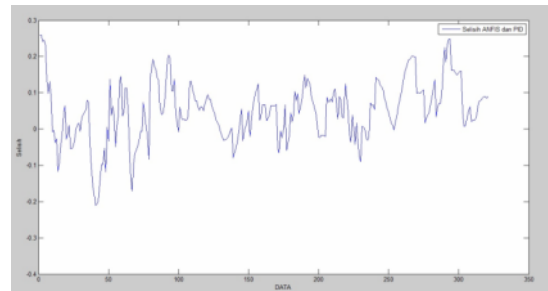
### 3.6. Hasil Output dari ANFIS

Dari hasil Output ANFIS akan dibandingkan dengan hasil output PID yang ada dilapangan hasilnya dapat kita lihat pada gambar berikut ini:

Dari hasil yang didapat dari Gambar 11 dapat kita lihat pada saat awal output ANFIS memiliki selisih yang cukup besar pada data ke 1 dan 2 yaitu sebesar 0.25894, hal ini dikarenakan pada saat awal start ANFIS memiliki respon yang lebih cepat dari pada PID. Pada saat awal start ANFIS menunjukkan temperature 77.75894 sedangkan PID masih 76,5, untuk lebih jelas lagi dapat kita lihat hasil ploting perbandingan output ANFIS dan PID berikut ini.



Gambar 11. Ploting Output Anfis dan PID



Gambar 12. Ploting Selisih output Anfis dan PID

Dari hasil ploting pertama dapat kita lihat respon awal ANFIS lebih cepat dari pada PID tetapi pada saat mendekati puncak output ANFIS kurang stabil sehingga terjadi fluktuasi yang begitu cepat, meskipun output ANFIS mengalami fluktuasi tetapi output ANFIS memiliki pola yang hampir sama dengan output PID, terbukti dengan hasil ploting pada gambar pertama output ANFIS mampu mengikuti pola yang dihasilkan PID. Pada saat temperature mulai turun ANFIS turun dengan cepat tetapi pada saat mendekati titik terendah ANFIS berusaha memperlambat sampai dengan titik terendah kemudian langsung menaikkan kembali temperature dengan cepat sehingga temperature tidak terlalu lama pada titik terendah. Sedangkan pada control PID temperature naik dengan pelan pelan tetapi sangat teratur (step by step) hingga temperature mencapai titik puncak dan kembali turun lagi. Pada saat pada posisi titik terendah PID sangat lama untuk kembali naik memerlukan 28 detik baru temperature naik kembali.

Pada gambar kedua menunjukkan plotting selisih antara output ANFIS dengan PID dari gambar tersebut dapat kita lihat selisih output antara ANFIS dengan PID relative kecil. Selisih terbesar pada data ke 1 dan 2 yaitu sebesar 0.25894 sedangkan selisih terkecil pada data ke 27 yaitu sebesar 0.001002

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi dengan menggunakan 3 buah data parameter yaitu Flow, Control Valve, Temperature dengan pengaturan 2 buah fungsi input data dengan keangotaan trapezoid dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada saat mendekati suhu puncak output ANFIS mengalami ripples yang cukup tinggi dibandingkan dengan output PID hal ini cukup mengganggu bila diterapkan pada system yang membutuhkan kestabilan yang tinggi sehingga dapat disimpulkan untuk kestabilan PID memiliki tingkat kestabilan yang lebih bagus dari pada ANFIS.
2. Bila dilihat Respon yang dihasilkan ANFIS sangat cepat bila dibandingkan dengan output PID sehingga untuk mencapai nilai puncak ANFIS memiliki respon time yang lebih singkat dari pada output yang dihasilkan PID.

Dikarenakan proses pasteurisasi membutuhkan temperature yang sangat stabil maka dapat disimpulkan bahwa PID kontrol lebih tepat digunakan pada system proses pasteurisasi. Dapat dilihat pada subbab 3.6 PID kontrol terbukti memiliki kestabilan yang lebih baik dari pada system ANFIS.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jack, Hugh, *Dynamic system Modeling and control. Draft Version 2.6.*, December 2004.
- [2] Ogata, Katsuhiko, *Discrete Time Control system. Second edition*, Prentice-Hall. Inc., USA, 1995.
- [3] Naba, Agus, *Belajar Cepat fuzzy logic menggunakan matlab*, Andi Offset, Yogyakarta, 2009.
- [4] The MathWorks, *Fuzzy logic toolbox User's Guide*, The MathWorks Inc., 2002
- [5] Tetrapak, *Dairy Processing handbook*, Tetrapak Inc., 2003
- [6] <http://fahmizaleeits.wordpress.com/2010/07/08/teori-sampling/>.