

Simulasi Kontrol Temperatur Berbasis *Fuzzy Logic* untuk Tabung Sampel Minyak Bumi pada Metode *Direct Subsurface Sampling*

¹Irkhos dan ²Suprijadi

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha no. 10, Bandung 40132

¹irkhosazir@gmail.com, ²supri@fi.itb.ac.id

Received: December 2011, Accepted: June 2012

Abstrak

Telah dilakukan simulasi kontrol temperatur untuk model tabung pengambilan sampel minyak bumi pada metode *Direct Subsurface Sampling* menggunakan *Fuzzy Logic Control* (FLC). Temperatur tabung sampel dikontrol agar selalu stabil pada temperatur 50°C. Simulasi didesain menggunakan *toolbox fuzzy logic* dan matlab simulink. Hasil simulasi menggunakan FLC menunjukkan kestabilan kontrol yang lebih baik bila dibandingkan dengan hasil simulasi kontrol menggunakan metode control PID dan kontrol on/off. Simulasi kontrol menggunakan FLC diperoleh nilai error sebesar 1,153 oC dan settling time sebesar 0,5 s. Simulasi kontrol metode PID diperoleh nilai error sebesar 3,127 °C dengan settling time 4 s, sedangkan simulasi kontrol on-off diperoleh error sebesar 4,248 °C dengan settling time 4 s.

Kata Kunci: kontrol temperatur, tabung sampel minyak bumi, Simulasi Fuzzy logic Kontrol

[1] Pendahuluan

Faktor penting dalam industri minyak bumi adalah proses analisis sampel minyak bumi. Sampel minyak bumi yang akan dianalisis harus dapat merepresentasikan sifat fisika dan sifat kimia seperti ketika sampel masih di bawah permukaan bumi. Ahmed [1] menyatakan bahwa perubahan temperatur sampel berpengaruh terhadap sifat fisika dan sifat kimianya seperti rasio kandungan gas-minyak bumi dan permeabilitas.

Pembentukan minyak bumi memiliki ketergantungan terhadap temperatur bawah permukaan bumi, semakin ke dalam semakin tinggi temperaturnya. Hidrokarbon kebanyakan ditemukan pada suhu moderat, dari 107 °C sampai dengan 177 °C [5]. Pengambilan sampel minyak bumi terdiri dari tiga metode yaitu metode pengambilan langsung di bawah permukaan (*Direct Subsurface Sampling*), metode rekombinasi permukaan (*Surface Recombination Sampling*), dan metode aliran-terpisah (*Split-stream Sampling*) [4].

Untuk menjaga agar temperatur sampel tidak berubah, maka perlu dirancang tabung pengambilan sampel yang dilengkapi dengan sistem pengendali temperatur untuk metode pengambilan *Direct Subsurface Sampling*. Beberapa penelitian kontrol temperatur menggunakan FLC telah dilakukan pada berbagai bidang. Saade [5] telah melakukan penelitian untuk mengontrol kondisi termal dan kualitas udara di dalam ruangan tertutup menggunakan pendekatan fuzzy inference. Alipoor dkk. [6] melakukan kontrol temperatur reaktor untuk polimerisasi menggunakan metode ANFIS. Penelitian juga telah dilakukan untuk mengontrol temperatur sebuah tabung menggunakan FLC berbasis mikroprosesor oleh Hanamane dkk [7]. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan FLC,

secara umum menunjukkan bahwa sistem FLC mampu menjaga kestabilan sistem yang dikontrol dengan baik.

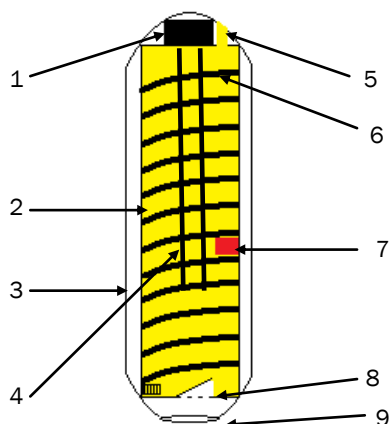
Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi pengendali temperatur tabung pengambilan sampel minyak bumi. Sistem kontrol didesain menggunakan simulink dan *fuzzy logic toolbox* kemudian diimplementasikan pada tabung pengambilan sampel untuk metode pengambilan sampel *direct subsurface sampling* (Gambar 1).



Gambar 1 Tabung sampling minyak bumi Bacon Bomb Sampler 40Z [4]

6 Desain Tabung Sampel

Simulasi kontrol temperatur dilakukan untuk model tabung sampel yang terbuat dari pipa tembaga dengan ukuran diameter 1 inci, panjang pipa 20 cm (Gambar 2). Tabung menggunakan kawat nikelin sebagai pemanas yang dililitkan pada tabung sampel serta dilengkapi dengan sensor temperatur (IC LM35DZ) dan sensor ketinggian permukaan fluida di dalam tabung (Gambar 2).



Ket. Gambar 2.

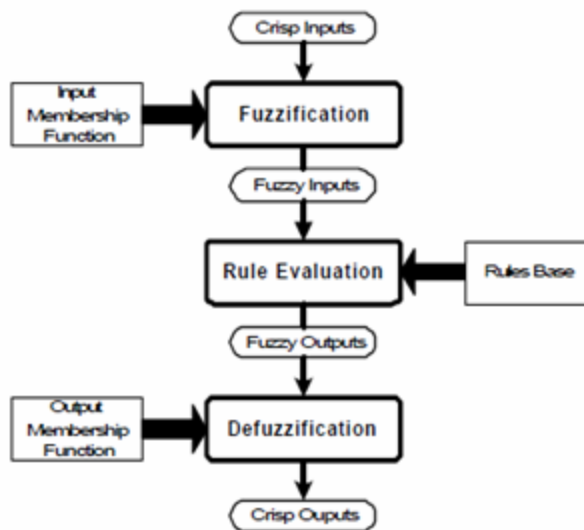
1. Mikrokontroler dan power supply
2. Tabung pengambilan sampel
3. Tabung pelindung
4. Sensor Level Fluida
5. Lubang udara
6. Kawat pemanas (nikelin)
7. Sensor temperatur
8. Katup tabung sampel
9. Pintu masuk sampel

Gambar 2 Model tabung pengambilan sampel

Ketika temperatur telah diukur, maka nilai temperatur tersebut akan dijadikan setpoint pada sistem yang dirancang. Sistem FLC akan menjaga agar temperatur tabung sampel tidak berubah ketika tabung diangkat dari dalam sumur hingga dibawa kepermukaan untuk dianalisis.

7 Simulasi Sistem FLC dan Analisis

Ide dasar dari FLC adalah menciptakan pengontrol yang memiliki kemampuan yang baik untuk mengontrol tanpa memperhatikan persamaan matematika yang rumit [2]. Secara konseptual, pengontrol *fuzzy* cukup sederhana. Pengontrol ini terdiri dari masukan, pengolahan sinyal dan keluaran (Gambar 3)



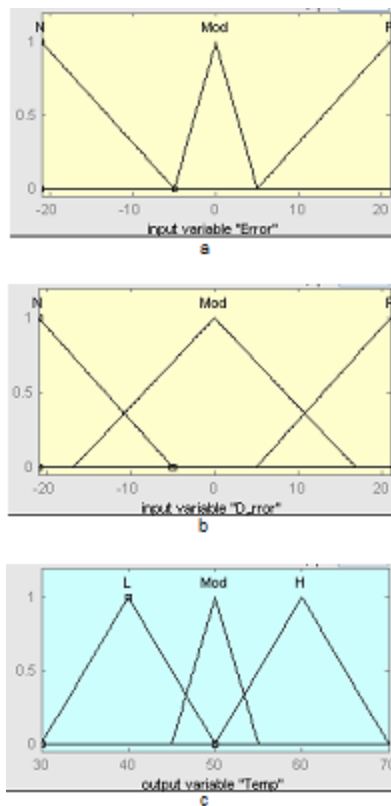
Gambar 3 Diagram blok *fuzzy logic control*

Dalam penelitian ini simulasi kontrol temperatur tabung pengambilan sampel minyak bumi dibangun menggunakan perangkat lunak *toolbox fuzzy logic* dan *simulink*. Simulasi dilakukan untuk metode *fuzzy logic control* (FLC), metode kontrol PID dan metode kontrol on-off. *Plant* diwakili oleh parameter fungsi transfer yang dihitung dari data eksperimen kontrol temperatur tabung sampel menggunakan metode on-off. Pada kontrol temperatur tabung sampel menggunakan metode *fuzzy logic control*, optimasi hasil didapatkan dengan melakukan variasi input, output dan aturan *fuzzy* hingga diperoleh konfigurasi yang terbaik (Tabel 1-6). Pada kontrol PID, tahap awal digunakan metode *automatic tuning parameter*, kemudian dilakukan evaluasi parameter secara manual hingga didapatkan parameter yang optimal.

Metode kontrol menggunakan *fuzzy logic* dilakukan dengan tahapan yang pertama adalah mendefinisikan variabel *input*, *output* dan menentukan konfigurasi aturan *fuzzy*, kemudian tahapan berikutnya adalah mendesain blok FLC, blok kontrol PID dan blok kontrol on-off menggunakan *simulink* dan *fuzzy logic toolbox* pada *matlab* (Gambar 5).

Variabel *input* sistem FLC berupa *error* (E) dan perubahan *error* (DE). $Error = SP - T_r$, $DE = E_r - E_{r-1}$. SP adalah *setpoint*, T_r adalah temperatur yang terukur, E_r adalah *error* sekarang dan E_{r-1} adalah *error* sebelumnya. Simulasi dilakukan dengan *setpoint* temperatur 50 °C.

Nilai fungsi keanggotaan variabel *input* dan *output* serta konfigurasi aturan pada penelitian ini mengacu pada pengamatan respon sistem kontrol konvensional (on/off) yang sebelumnya telah dilakukan. Pada Gambar 4 ditunjukkan konfigurasi *input output* yang menghasilkan kontrol terbaik (konfigurasi ketiga).



Gambar 4 Fungsi keanggotaan a input *error* (E)
b input perubahan *error* (De) dan c *output*

Tabel 1 Aturan fuzzy konfigurasi pertama (12 aturan)

DE	Error				
	NB	NS	Z	PS	PB
NB				MOD	H
NS			MED	MOD	
Z		MED	MOD	H	
PS		MOD	H		
PB	MED	MOD	VH		

Tabel 2 Selang nilai variabel input dan output konfigurasi pertama

Input		Output
Error	D_Error	Temp
-5 sd 5	-3 sd 3	30 sd 70

Tabel 3 Aturan fuzzy konfigurasi kedua (25 aturan)

DE	Error				
	NB	NS	Z	PS	PB
NB	L	L	L	MOD	H
NS	L	MED	MED	MOD	VH
Z	L	MED	MOD	H	VH
PS	L	MOD	H	VH	VH
PB	MED	MOD	VH	VH	VH

Tabel 4 Selang nilai variabel input dan output konfigurasi kedua

Input		Output
Error	D_Error	Temp
-21 sd 21	-21 sd 21	30 sd 70

Tabel 5 Aturan fuzzy konfigurasi ketiga (9 aturan)

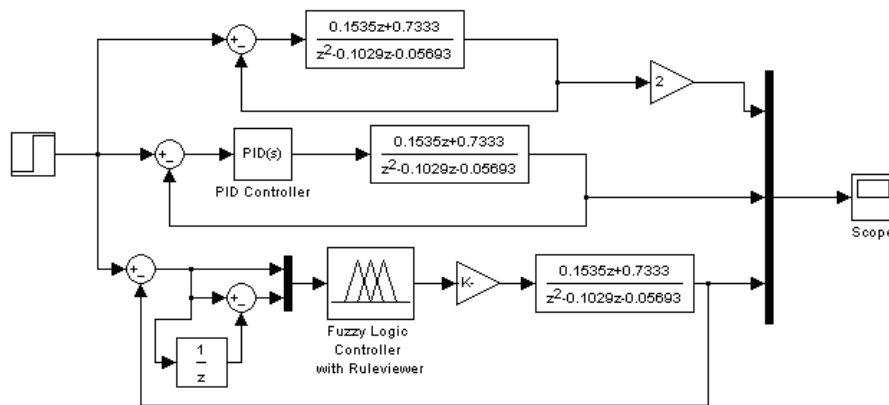
Error			
DE	N	Mod	P
N	L	M	M
Mod	L	M	H
P	L	L	H

Tabel 6 Selang nilai variabel input dan output konfigurasi ketiga

Input		Output
Error	D_Error	Temp
-21 sd 21	-21 sd 21	30 sd 70

Tabel 7 Definisi Linguistic

Linguistic	Definisi
NB	Negative Big
NS	Negative Small
Z	Zero
PS	Positive Small
PB	Positive Big
L	Low
MED	Medium
MOD	Moderate
H	High
VH	Very High



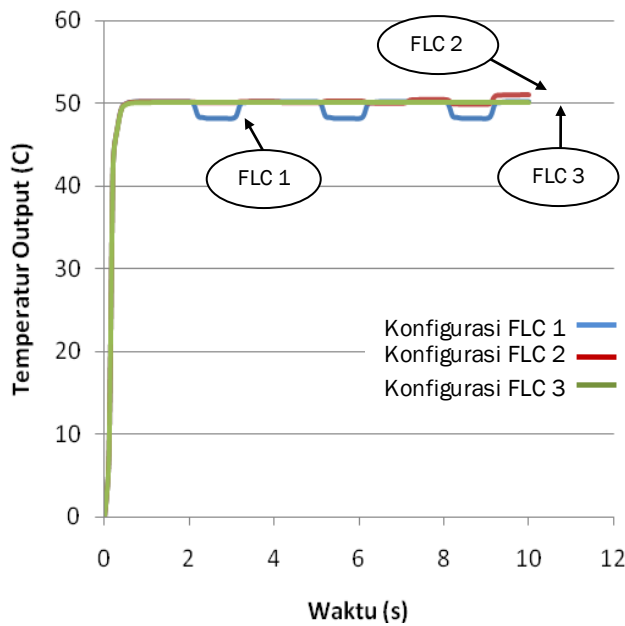
Gambar 5 Skema blok kontrol fuzzy, kontrol PID dan kontrol On-Off

Simulasi FLC dilakukan dengan tiga konfigurasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Konfigurasi yang pertama, *input error* dan *input D_error* menggunakan 5 variabel yaitu NB (*negative Big*), NS (*Negative Small*), Z (*Zero*), PS (*Positive Small*) dan PB (*Positive Big*) sedangkan *output temp* menggunakan tiga variabel yaitu Med (*Medium*), Mod (*Moderate*) dan H (*High*) seperti yang ditunjukkan dalam tabel 1. Pada konfigurasi pertama digunakan 12 aturan (tabel 2). Hasil simulasi konfigurasi pertama berwarna biru (Gambar 6) memperlihatkan bahwa *error* cenderung bernilai positif (di bawah *setpoint*).

Konfigurasi yang kedua, *input error* dan *D_error* masing-masing menggunakan lima variabel seperti konfigurasi yang pertama, namun *output temp* menggunakan lima variabel yaitu L (*Low*), MED (*Medium*), MOD (*Moderate*), H (*High*) dan VH (*Very High*). Pada konfigurasi yang kedua digunakan 25 aturan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Simulasi FLC konfigurasi fuzzy yang kedua (Tabel 3 dan Tabel 4) nilai *error* cenderung lebih kecil dibandingkan dengan hasil simulasi FLC konfigurasi pertama (warna merah), *error* cenderung bernilai negatif (di atas *setpoint*).

Ketidakstabilan sistem hasil simulasi menggunakan FLC dapat dipengaruhi oleh pemilihan konfigurasi *input*, *output* dan aturan yang digunakan. Semakin baik pemahaman terhadap *plant* yang akan dikontrol dan ketepatan dalam pemilihan konfigurasi fuzzy akan menghasilkan *output kontrol* yang lebih baik.

Konfigurasi yang ketiga digunakan tiga variabel untuk masing-masing input dan output. Variabel input *error* dan *D_error* terdiri dari N (*negative*), Mod (*Moderate*) dan P (*Positive*) sedangkan variabel *output temp* terdiri dari L (*Low*), Mod (*Moderate*) dan H (*High*) serta menggunakan sembilan aturan seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5 dan Tabel 6. Hasil simulasi menggunakan konfigurasi yang ketiga menunjukkan respon yang lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi pertama dan kedua. Nilai parameter *settling time*, *rise time*, *delay time* relatif sama namun hasil simulasi menggunakan konfigurasi ketiga lebih stabil. Hasil simulasi konfigurasi pertama mulai terjadi *error* sekitar detik ke 2. Sedangkan menggunakan konfigurasi kedua, nilai *error* terjadi sekitar detik ke 9. Hasil yang lebih baik diperoleh menggunakan konfigurasi yang ketiga yang memperlihatkan kestabilannya menjaga *output temperatur* pada nilai *setpoint*. Nilai *error* untuk masing-masing konfigurasi FLC dapat dilihat pada Tabel 8.

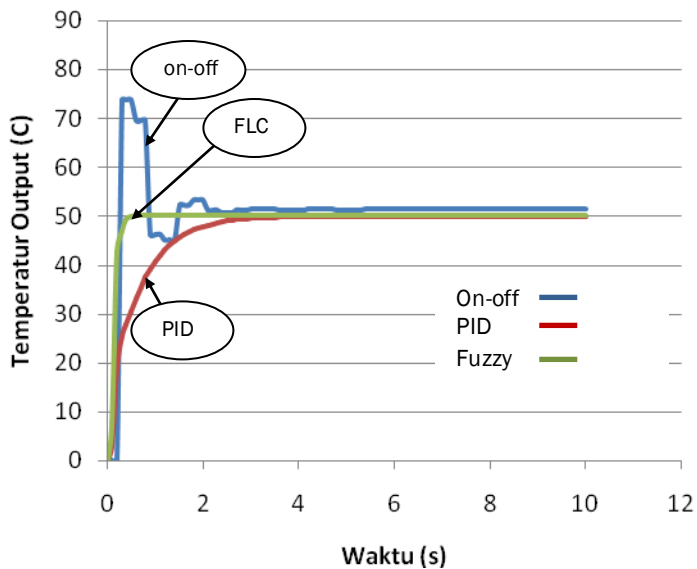


Gambar 6 Output *fuzzy logic control* konfigurasi pertama (garis merah), konfigurasi kedua (garis biru) dan konfigurasi ketiga (garis hijau)

Tabel 8 Nilai *error* pada tiga konfigurasi FLC

Konfigurasi FLC	Error (°C)
1	1,649
2	1,232
3	1,53

Pada Gambar 7 dapat dilihat simulasi kontrol temperatur menggunakan tiga metode kontrol yang berbeda yakni metode kontrol on-off (grafik warna biru), metode kontrol PID (grafik warna merah) dan yang terakhir menggunakan metode FLC (grafik warna hijau). Parameter kontrol PID terdiri dari $P = 0,4$, $I = 1,5$ dan $D = 0,1$. Pada simulasi menggunakan metode kontrol on-off terjadi *overshoot* yang cukup besar hingga mencapai $74\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada metode PID dan FLC tidak terjadi *overshoot* yang signifikan. Nilai *settling time* untuk metode on-off dan PID relatif sama yakni sebesar 4 s sedangkan menggunakan FLC *settling time* lebih kecil yakni sebesar 0,5 s. Jika dibandingkan hasil simulasi ketiga metode kontrol tersebut terlihat bahwa metode FLC (*Fuzzy Logic Control*) menunjukkan respon kontrol yang lebih baik. Nilai *error* untuk masing-masing metode kontrol dapat dilihat pada Tabel 9.



Gambar 7 Output fuzzy logic control (garis hijau), output pid (garis merah) dan output on-off (garis biru)

Tabel 9 Nilai error pada metode On-Off, PID dan FLC

Metode	Error (°C)
On-off	4,248
PID	3,127
Fuzzy	1,153

8 Kesimpulan

Simulasi menggunakan FLC untuk mengontrol temperatur tabung sampel minyak bumi metode *direct subsurface sampling* dilakukan untuk tiga konfigurasi sistem fuzzy. Hasil control yang optimal diperoleh pada simulasi kontrol temperatur menggunakan konfigurasi yang ketiga dengan nilai error sebesar 1,153 °C dan *settling time* sebesar 0,5 s.

Optimasi hasil kontrol menggunakan FLC diperoleh dengan melakukan pemilihan konfigurasi *input*, *output* dan aturan yang terbaik serta pemahaman plant yang akan dikontrol.

Hasil simulasi menggunakan sistem *Fuzzy Logic Control* (FLC) lebih handal bila dibandingkan dengan sistem kontrol PID dan kontrol on/off. Simulasi kontrol menggunakan FLC diperoleh nilai error sebesar 1,153 °C dan *settling time* sebesar 0,5 s. Simulasi kontrol metode PID diperoleh nilai error sebesar 3,127 °C dengan *settling time* 4 s, sedangkan simulasi kontrol on-off diperoleh error sebesar 4,248 °C dengan *settling time* 4 s.

9 Daftar Pustaka

- [1] Ahmed G. & Emad A H., Relative Permeability Curves for High Pressure, High Temperatur Reservoir Conditions, Petroleum and Natural Gas Engineering. www.ksu.edu.sa/agawish.
- [2] Jantzen J., Foundations of Fuzzy Kontrol Technical University of Denmark, 2007
- [3] Jahn F., Hydrocarbon Exploration and Production., TRAC International ltd, 2003
- [4] Pashin. J. C., Reservoir Pressure and Temperatur in the Black Warrior Basin: Implications for Carbon Sequestration and Enhanced Coalbed Methane Recovery, Geol Survey, Alabama, 2002.
- [5] Saade Jean J. & Ali H. Ramadan., Kontrol of Thermal-Visual Comfort and Air Quality in Indoor Environments Through a Fuzzy Inference-Based Approach, International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 2 (2), pp. 213-221, 2008.
- [6] Alipoor M, Zeinali M, & Yazdi H. S., Fuzzy Temperatur Kontrol in a Batch Polymerization Reactor Using ANFIS Method, International Journal of Engineering and Technology, 1(1), pp. 7-12, 2009.
- [7] Hanamane, dkk., Implementation of Fuzzy Temperature Control Using Microprocessor, Journal of Scientific & Industrial Research, vol 65, pp. 142-147, 2006.