

# SISTEM KONTROL *FUZZY SLIDING MODE* PADA TRAYEKTORI TEMPERATUR FURNACE

**I Ketut Darminta dan I Nyoman Sukarma**

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali  
Bukit Jimbaran, P.O. Box 1064 Tuban Badung – Bali  
Phone :+62-361-701981, Fax: +62-361-701128

**Abstrak:** Proses pengeringan cetakan dilakukan dengan memanaskan bahan dalam cetakan, memanaskan lilin dalam cetakan langsung pada temperatur titik didih lilin yang konstan akan berakibat lilin pecah dan cetakan menjadi rusak.

Permasalahan adalah mengatur pemanasan lilin supaya pada saat mencairkan lilin tidak menyebabkan terjadi rusaknya cetakan, dan memodelkan *plant* yang berupa *furnace* (tungku) sehingga didapatkan persamaan matematikanya.

Dalam penelitian ini digunakan metode *Fuzzy Sliding Mode*, dimana *error* dan *delta error* sebagai masukan pada kontrol *Sliding Mode* dan sekaligus sebagai masukan pada kontrol *fuzzy logic* dengan terlebih dahulu menentukan trayektori.

Dari hasil implementasi menggunakan *prototype* diperoleh: temperatur aktual bisa berada pada temperatur trayektori yang diinginkan, *error steady state* yang terjadi 3.7% dari temperatur maksimum 100°C, serta pada saat gangguan dihilangkan respon temperature dapat kembali ke posisi semula.

**Kata kunci :** Temperatur, *Sliding Line*, *Fuzzy Sliding Mode*

*Abstract: Mold draining process is done by heating material in the mold. Heating candle wax in a mold directly in the candle boiling temperature directly and constantly will result in candle breaks and failure of mold. The basic problems in this case is how to regulate the heating in order that when candle is melting it will not result in mold destruction and to model furnace plant to obtain its mathematic equivalent. The research used Fuzzy Sliding Mode where error and delta error as entry in the Sliding Mode control as well as an entry in fuzzy logic control by determining trajectory in prior. The result of implementation by using prototype, it was obtained that common actual temperature was in that of trajectory required, and error steady state was 3.7% of the maximum temperature 100°C, and when disturbance was released response of the temperature could be returned into the previous position.*

**Key word:** Temperature, *Sliding Line*, *Fuzzy Sliding Mode*.

## I.PENDAHULUAN

Kontrol PID dalam sistem kontrol temperatur belum mendapatkan hasil yang maksimal mengingat temperatur yang diberikan pada tungku (*furnace*) bersifat trayektori. Demikian juga sistem kontrol cerdas seperti Logika Fuzzy, *Neural Network*, *Algorithma Genetika*. Kontrol *Fuzzy Sliding Mode* diharapkan dapat memberikan aksi kontrol yang tepat untuk mengatur trayektori furnace.

Metode kontrol *Sliding Mode* adalah metode untuk mengatur umpan balik dengan sebelumnya menentukan sebuah trayektori atau lintasan tertentu yang disebut dengan *Sliding surface*, sehingga variabel yang dikontrol akan mendapat tekanan ke arah lintasan tersebut dan kemudian titik kerja bergeser ke titik kesetimbangan.

Logika Fuzzy dikombinasikan pada sistem kontrol *Sliding Mode* kontrol untuk meningkatkan performansi sistem. Kombinasi ini disebut kontrol *Fuzzy Sliding Mode*.

Dalam penelitian ini dapat dirumuskan bagaimana memanaskan furnace sesuai dengan trayektori dan memodelkan *plant furnace* (tungku) sehingga didapatkan persamaan matematikanya.

Dalam penelitian ini akan dibatasi pada plant sebagai proses pemanasan berupa *furnace* (tungku) dan penetapan trayektori temperatur menggunakan *sliding surface*.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik kontrol *Fuzzy Sliding Mode* melakukan pengaturan temperatur proses pemanasan sesuai *sliding surface* yang



$$|s_p| = \frac{|s|}{\sqrt{1 + \lambda^2}} \tag{5}$$

$$S_p = \frac{S}{\sqrt{1 + \lambda^2}} \tag{6}$$

**II. Metode Penelitian**

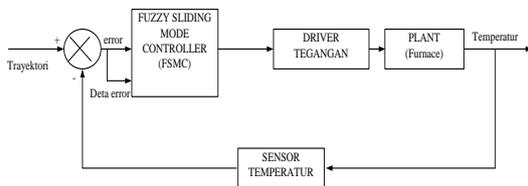
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah: pengumpulan bahan-bahan literatur sebagai penunjang untuk mendapatkan model matematis plant dan mengidentifikasi parameter-parameter plant, perancangan dan implementasi, penyusunan algoritma dan pelaksanaan pemrograman, pengujian data hasil perancangan dan implementasi.

**III. Hasil dan Pembahasan**

**3.1 Perancangan Sistem**

Perancangan sistem pengaturan temperatur dari *furnace* komputer memberikan trayektori berupa sinyal masukan melalui mikrokontroler Atmega 8535 ke DAC untuk mengkondisikan sinyal dari digital ke analog untuk diteruskan ke PWM sinkron bekerja untuk meng-drive *furnace*. Blower bekerja sebagai beban pada saat temperatur *furnace* yang diinginkan sehingga dapat diketahui performansi dari *furnace* tersebut.

Pemantauan temperatur dari *furnace* digunakan termokopel tipe K yang memiliki range temperatur dari  $-200^{\circ}C$  hingga  $1200^{\circ}C$ . Hasil keluaran dari termokopel berupa tegangan dengan resolusi  $40\mu V/^{\circ}C$ . Hasil keluaran diteruskan, serta dikuatkan dengan menggunakan rangkaian *inverting amplifier* sebesar 100x. Data analog berupa tegangan dibaca oleh ADC internal yang terdapat di dalam AVR 8535 dan ditampilkan berupa grafik pengukuran ke monitor komputer.

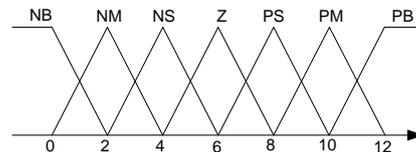


Gambar 2. Diagram Blok Kontrol Fuzzy Sliding Mode

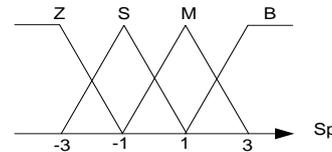
Perancangan perangkat lunak di sini menggunakan *Fuzzy Sliding Mode*. Dimana dari temperatur aktual dan temperatur referensi dibandingkan untuk mendapatkan nilai *error*

yang akan diumpungkan ke pengendali *Fuzzy Sliding Mode* masukan berupa *error* dan  $\Delta error$  yang didapat dari mengurangi *error* yang sekarang dengan *error* yang sebelumnya.

Penetapan nilai  $\lambda$  yang nilainya skalar konstan positif dalam hal ini ditetapkan 2 untuk mendapatkan nilai  $S = 0$ . Proses fuzzyfikasi input  $d$  yang keanggotaannya menggunakan tipe segitiga simetris terdiri dari *Negative big*, *Negative medium*, *Negative small*, *Zero*, *Positive small*, *Positive mediant*, *Positive Big* yang ditunjukan seperti Gambar 3, demikian juga proses fuzzyfikasi input  $S_p$  yang keanggotaannya menggunakan type segi tiga simetris terdiri dari *Zero*, *Small*, *Medium* dan *Big* seperti ditunjukan pada Gambar 4. Dan untuk proses output memiliki keanggotaan *Negative big*, *Negative medium*, *Negative small*, *Zero*, *Positive small*, *Positive mediant*, *Positive big* yang rulenya seperti pada Gambar 5.



Gambar 3. Membership Function Fuzzy Input d



Gambar 4. Membership Function Fuzzy Input Sp

	↑ d							
	PB	PB	PB	Z	NB	NB	NB	B
	PB	PB	PB	Z	NB	NB	NB	M
	PB	PB	PM	Z	NM	NB	NB	S
	PB	PM	PS	Z	NS	NM	NB	Z
	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB	→ Sp

Gambar 5. Rule Fuzzy Set.

*Inference rule* menggunakan aritmetik larsent

$$\mu_v = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n R_{ij}(k) \tag{7}$$

$R_{ij}(k)$  adalah *Rule Base* ke k.

n adalah jumlah *rule base* acuan ke k

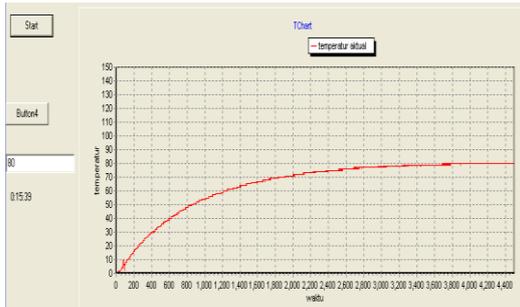
Defuzzyfikasi menggunakan *Center Of Area* (COA)

Output kontrol *Fuzzy Sliding Mode*

$$u = -\lambda \cdot \dot{e} - K_{fuzzy} (|Sp|, d) \cdot \text{sgn}(S) \quad (8)$$

**3.2 Hasil Pengujian**

Gambar 6 merupakan hasil pengujian dari sistem lup terbuka dari plant yang digunakan.



Gambar 6. Grafik Respon terbuka

Dengan menggunakan metoda identifikasi *Strejc*, dari grafik  $T_u = 25$  s dan  $T_a = 975$  s sehingga  $T_u/T_a = 25/975 = 0.025$  yang berarti mendekati 0 sehingga disebut ber orde 1 ( $N = 1$ ).

Untuk orde 1  $T_a/T = 1$  sehingga  $T = 975$  s.

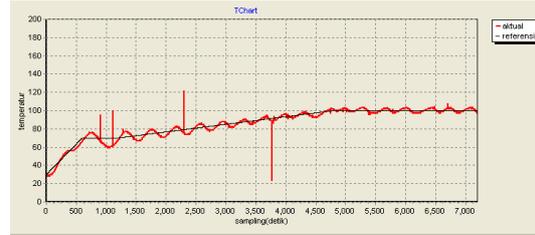
$T_u/T = 0$  dan  $T_u/T_a = 0$  sehingga  $T_{u'} = 0/975 \approx 0$ .

Jadi  $\tau = T_u - T_{u'} = 25$  s.

Maka tranfer function dari *plant furnace* didapat:

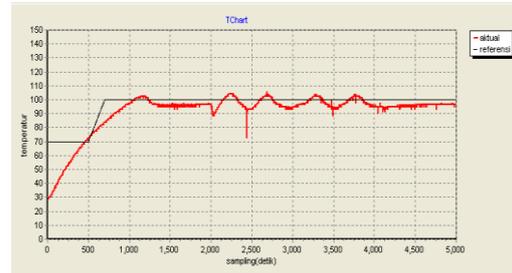
$$G(s) = \frac{1 \cdot e^{-25s}}{975s + 1}$$

Pengujian sistem pengaturan temperatur ini hanya dapat dilakukan secara lup tertutup (*closed loop*) karena dalam sistem ini diperlukan sinyal umpan balik untuk mendapatkan *error* dan *delta\_error*. Pengujian dilakukan dengan menetapkan trayektori step 1 temperatur naik dari 30°C sampai 70°C selama 600 detik, step 2 temperatur konstan 70°C sampai detik ke 1200, trayektori step 3 yaitu dari detik ke 1200 sampai 4800 temperatur naik dari 70°C menjadi 100°C dan trayektori step 3 dari detik ke 4800 sampai 7200 temperatur ditetapkan konstan 100°C, dari pengujian diperoleh grafik seperti ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Respon Sistem dengan Kurva Trayektori I

Pengujian sistem terhadap gangguan dilakukan dalam keadaan mantap(steady state). Dalam penelitian ini dilakukan pengujian dengan memberikan hembusan udara dari blower selama 25 detik pada detik ke 2000. Dari pengujian ini diperoleh grafik respon seperti ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Respon Sistem Kurva Trayektori II dengan Gangguan

**3.3 Analisis**

Pada pengujian Lup tertutup (Grafik Respon Sistem dengan Kurva Trayektori I) terlihat temperatur aktual (grafik yang warna merah) bisa berada dekat trayektori walaupun terjadi osilasi, namun osilasi yang terjadi juga dapat berkurang setelah semakin bertambahnya waktu *running* yang dilakukan. Osilasi di sini disebabkan penetapan trayektori pada nilai yang terus berubah mengalami *tracking* seperti dari temperatur 30 derajat naik menjadi temperatur 70 derajat serta dari 70 derajat naik menjadi 100 derajat. Dengan penetapan nilai temperatur awal yang sama antara temperatur aktual dan temperatur trayektori, temperatur aktual bisa berada dekat dengan trayektori sehingga dapat dikatakan *error* yang terjadi sangat kecil.

Pada pengujian sistem terhadap gangguan (Respon Sistem Kurva Trayektori II dengan Gangguan), di sini tidak terjadi osilasi yang disebabkan dari *tracking* trayektori dimana trayektori di sini dibuat lebih konstan dari trayektori I yang tujuannya untuk lebih cepat tercapai *steady state*. Namun karena penetapan nilai awal aktual dan trayektori yang memiliki perbedaan yang besar sehingga sistem memiliki nilai error yang lebih besar. Pemberian gangguan setelah sistem mencapai *steady state* selama 25 detik pada saat detik ke 2000 temperatur aktual dapat kembali ke keadaan semula pada detik ke 4000 atau dengan kata lain diperlukan waktu

1975 detik untuk kembalinya temperatur aktual ke keadaan semula. *Error steady state* yang terjadi pada pengujian ini sebesar 3.7 derajat atau 3.7% dari temperatur maksimum jadi masih berada dibawah *error steady state* untuk proses, yaitu antara +5% hingga -5%.

#### IV. Kesimpulan

Pengontrolan yang dilakukan dengan metode *Fuzzy Sliding Mode* adalah sangat baik, dimana trayektori yang ditetapkan dapat diikuti. Pada saat *steady state*, *error* yang terjadi pada pengujian ini sebesar 3.7 derajat atau 3.7% dari temperatur maksimum. Pada saat gangguan dihilangkan temperatur aktual dapat kembali ke posisi semula.

#### PUSTAKA

- [1] Bartelt Terry, *Instrumentation and Process Control*, Thomson Delmar Learning, 2007
- [2] D.M Mlynek, M.J. Patyra, *Fuzzy Logic Implementasi and Applications*, Wiley and Sons Inc, New York, 1996
- [3] Dimiter Driankov, Hans Hellendoorn, Rainer Palm, *Model Based Fuzzy Control*, USA, 1996
- [4] John P Bentley, *Principles of Measurement Systems*, Devision of Measurement and Control University of Teeside
- [5] Ogata Katsuhiko, *Teknik Kontrol Outomatik (Sistem Pengaturan) Jilid I*, Diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta, 1991.
- [6] Panarit Sethakul, Siripun Tongchai, *Fuzzy Sliding Mode Design*, The Journal of KMITNB., Vol 14, No. 1, Jan – Mar 2004.
- [7] Son Kuswadi, *Kendali Cerdas*, ANDI, Yogyakarta, 2007.
- [8] Wildi, Theodora, *Electrical Machinnes, Drive and Power System*, Printice Hall International, New Jersey, 1997.