

PENERAPAN TEORI FUZZY PADA PENGENDALIAN SUHU TUNGKU ANILING

Bharoto

Pusat Penelitian Sains Materi - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PENERAPAN TEORI FUZZI PADA PENGENDALIAN SUHU TUNGKU ANILING. Telah dilakukan percobaan sistem kendali menggunakan teori *fuzzy* pada pengendalian suhu tungku pemanas bahan magnetik amorf. Aturan *fuzzy temperature control* (kontrol suhu *fuzzy*) ditetapkan dengan menentukan masukan suhu pemanas (heater) terhadap perubahan suhu dan kecepatan perubahan suhu yang mempunyai nilai *fuzzy* seperti "besar" atau "kecil". Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu di dalam tungku aniling dapat dikendalikan dengan baik.

ABSTRACT

APPLICATION OF FUZZY THEORY ON TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF ANNEALING FURNACE. An experiment of temperature control using fuzzy theory on annealing furnace has been performed to obtain materials that have good characteristic. The fuzzy temperature rule's outputs are heater's inputs as the function of temperature deviation and velocity of temperature increase. Both temperature deviation and velocity of temperature increase have the fuzzy value such as "large" or "small". The results showed that the temperature inside the annealing furnace could be properly controlled.

PENDAHULUAN

Manusia dalam kehidupannya sering menerima dan memahami informasi yang tidak jelas (*fuzzy*), yang kemudian memikirkan dan membuat keputusan dalam bentuk yang luwes dan teratur.

Proses seperti tersebut di atas dapat pula dilakukan oleh komputer setelah mengubah masukan secara kuantitas dengan menggunakan teori *fuzzy*. Penelitian tentang teori *fuzzy* pertama kali dilakukan oleh Prof. L.A Zadeh dari UCLA pada tahun 1965 dengan membuat model pemikiran manusia, yang kemudian penerapan ke dalam sistem kontrol dilakukan oleh Mamdani pada tahun 1973 yang terkenal dengan nama kendali *fuzzy* (*fuzzy control*).

Sistem kendali menggunakan teori *fuzzy*, mempunyai ciri-ciri khusus. Pertama, berbeda dengan sistem kontrol yang sudah ada, kendali *fuzzy* menggunakan aturan "*if-then*" untuk menentukan keluaran. Kedua, karena kontrol *fuzzy* menggunakan informasi yang kurang jelas maka prosesnya bersifat luwes yaitu di antara nilai benar (1) dan salah (0). Dari hal inilah pembuat sistem kendali hanya mengubah kata-kata yang kemudian menjadi perubahan kuantitas sehingga dapat menggerakkan sebuah mesin.

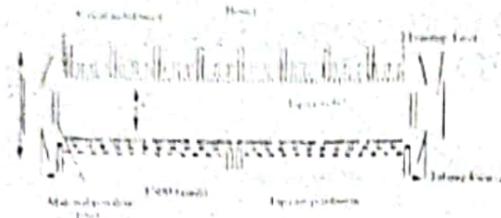
Dalam makalah ini diuraikan penerapan kendali suhu *fuzzy* pada tungku aniling bahan magnetik amorf.

Bahan magnetik amorf adalah suatu bahan yang peka sekali terhadap perubahan suhu aniling sehingga mempengaruhi karakteristiknya. Untuk memperoleh karakter magnet yang baik, yang sangat diperlukan dalam membuat transformator, *head tape recorder* ataupun penelitian materi, maka diperlukan pengendalian suhu yang rinci.

Selanjutnya, dengan diperolehnya hasil pengendalian yang baik, diharapkan teori *fuzzy* dapat pula diterapkan pada sistem pengendalian di bidang instrumentasi nuklir.

SISTEM DAN TATA KERJA TUNGKU ANILING

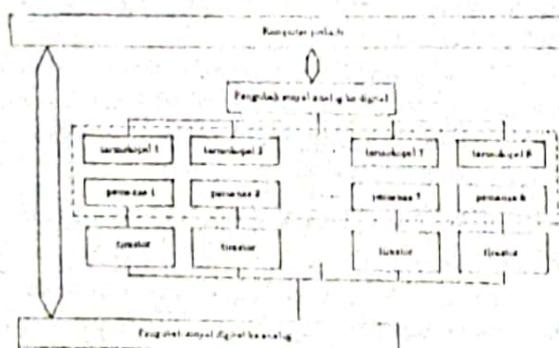
Struktur tungku aniling seperti ditunjukkan pada Gambar 1, menggunakan tabung kwarsa dengan ketebalan 15 mm, panjang 1500 mm, dan diameter lingkaran dalam 170 mm. Di sekeliling tabung dililiti kawat pemanas yang terbagi dalam 8 blok, sehingga masing-masing blok dapat dikendalikan secara tersendiri. Sebagai penahan panas digunakan monoflux, dan di



Gambar 1. Struktur tungku aniling

atas pemanas dililitkan pipa aliran air pendingin untuk keselamatan percobaan. Karena perubahan suhu di dalam tungku ada diantara 10 hingga 400°C, maka sebagai detektor suhu digunakan termokopel jenis CA yang dapat mengukur suhu antara -50 hingga 1200 °C.

Sistem kendali tungku aniling ditunjukkan pada Gambar 2. Beda tegangan yang ditimbulkan oleh termokopel 1-8 diubah ke dalam derajat suhu di dalam komputer setelah melalui pengubah sinyal analog ke digital (ADC). Dari perbandingan suhu pengukuran dan suhu yang diharapkan, dihitung tegangan listrik untuk masukan pemanas.



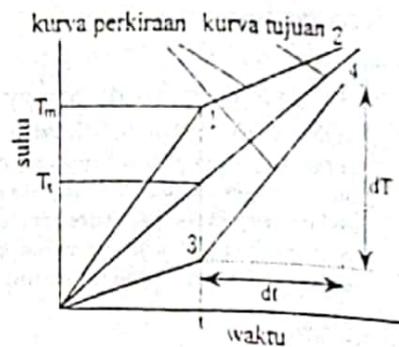
Gambar 2. Sistem kendali tungku aniling

Tegangan listrik yang diperoleh diubah ke dalam arus listrik sebagai keluaran setelah melalui pengubah digital ke analog (DA C). Arus listrik ini menjadi masukan tiristor (thyristor) yang kemudian menghidupkan atau mematikan pemanas.

KENDALI SUHU FUZZY

Untuk merancang aturan kendali fuzzy, seperti ditunjukkan pada Gambar 3, diumpamakan telah terjadi 4 perubahan suhu terhadap suhu yang diharapkan kemudian menentukan besarnya masukan pemanas.

Pertama akan dijelaskan seberapa besar ma-



Gambar 3. Nilai perkiraan dan nilai tujuan

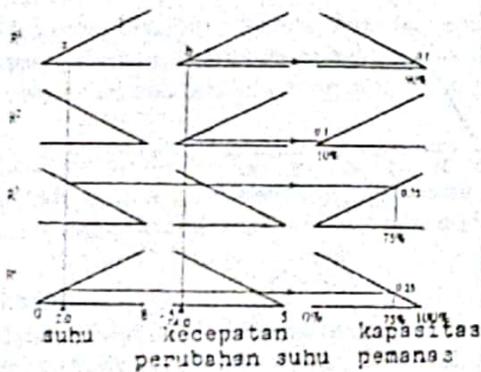
sukan pemanas yang dibutuhkan bila hasil pengukuran 1 terjadi. Dari gambar ini terlihat, kecepatan kenaikan suhu adalah besar dan suhu pengukuran lebih besar dari suhu yang ingin dicapai. Untuk mencapai suhu dan kenaikan suhu yang diharapkan, maka masukan pemanas harus diturunkan. Kemudian pada hasil pengukuran berikutnya yaitu pengukuran 2, kecepatan kenaikan suhu menjadi kecil, sedangkan suhu pengukuran masih lebih besar dari yang diharapkan. Akan tetapi bila masukan pemanas tidak diubah atau tetap diperkecil lagi, ada kemungkinan akan terjadi penurunan suhu secara drastis. Untuk menghindari hal ini, masukan pemanas harus dinaikkan. Pada hasil pengukuran 3, berlawanan dengan hasil pengukuran 1, sehingga masukan pemanas harus dinaikkan. Akan tetapi pada hasil pengukuran 4, apabila masukan pemanas tidak diubah atau tetap dinaikkan, ada kemungkinan akan terjadi kelebihan besaran (overshoot). Untuk menghindari hal ini, maka masukan pemanas harus diturunkan. Dari kondisi seperti tersebut di atas, dapat dibuat aturan kendali fuzzy sebagai berikut :

- R_1 : if dT/dt is P and $(T_m - T_s)$ is P then V is N
 R_2 : if dT/dt is N and $(T_m - T_s)$ is P then V is P
 R_3 : if dT/dt is N and $(T_m - T_s)$ is N then V is P
 R_4 : if dT/dt is P and $(T_m - T_s)$ is N then V is N
 (1)

Di sini P adalah positif yang berarti besar, dan N adalah negatif yang berarti kecil. dT/dt adalah perubahan suhu persatuan waktu, T_m adalah suhu pengukuran, dan T_s adalah suhu yang diharapkan.

PROSES PENALARAN

Di sini akan dijelaskan proses penalaran (reasoning) dalam keadaan yang sebenarnya dari tungku aniling dengan menggunakan aturan tersebut di atas. Sebagai contoh, kenaikan suhu dan suhu yang akan dicapai masing-masing adalah $4,0^\circ\text{C}/\text{min}$ dan $150,0^\circ\text{C}$. Adapun suhu dan kenaikan suhu pada saat pengukuran adalah berturut-turut $2,0^\circ\text{C}/\text{min}$ dan $146,0^\circ\text{C}$. Terhadap hasil pengukuran ini, seberapa besar tegangan listrik pemanasan yang dikeluarkan, dapat digambarkan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses penalaran pada sistem kendali suhu.

Penerapan kondisi tersebut ke aturan R_1 adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tingkatan atau derajat kenaikan suhu pengukuran pada himpunan fuzzy "P" yaitu a, dan tingkatan beda suhu pada himpunan fuzzy "P" yaitu b.
2. Dengan menggunakan metode min-max, didapat hasil minimum antara a dan b, yang

kemudian didapat himpunan fuzzy "N" yang telah dipotong oleh hasil minimum antara a dan b.

Demikian pula hasil penalaran pada aturan R_2 , R_3 dan R_4 didapat dengan metode min-max. Setelah melalui proses difusifikasi (defuzzification) yaitu perubahan dari himpunan fuzzy ke bilangan pasti, didapat keluaran yang diperlukan, yaitu 70%. Ini berarti bahwa terhadap kenaikan suhu $2,0^\circ\text{C}/\text{min}$ dan suhu pengukuran $146,0^\circ\text{C}$, diperlukan 70% dari kapasitas tegangan listrik pemanas agar didapat suhu yang diharapkan.

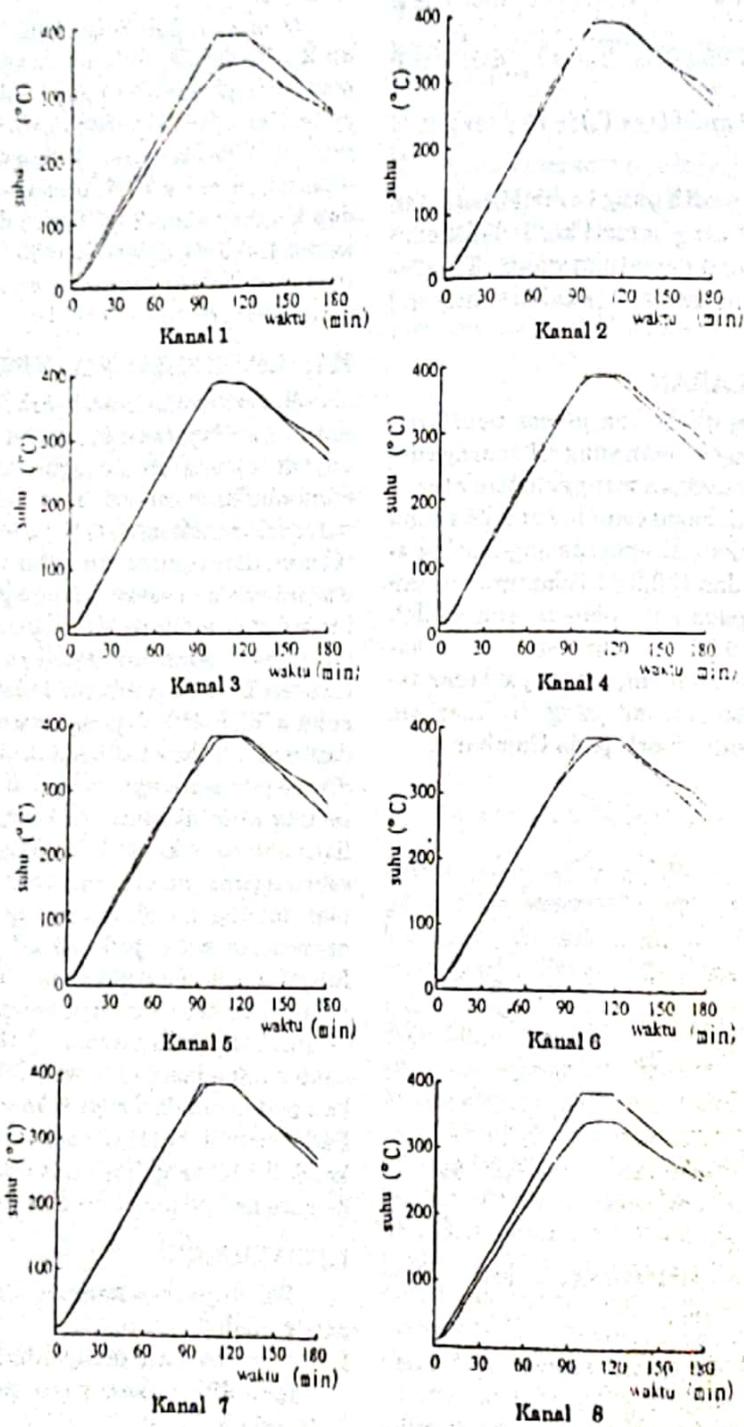
HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Syarat pemanasan bahan magnetik amorf untuk mendapatkan kelolosan besi yang kecil, adalah pemanasan menggunakan gas N_2 untuk menimbulkan kondisi bebas oksigen. Adapun suhu aniling adalah 385°C , kenaikan suhu $4,0^\circ\text{C}/\text{min}$, dan penurunan suhu $2,0^\circ\text{C}/\text{min}$. Kondisi ini adalah sasaran dalam pengontrolan suhu tungku aniling. Hasil pengendalian suhu pada masing-masing kanal ditunjukkan pada Gambar 5. Pada gambar 5(a) dan (h), perbedaan suhu adalah 455°C yang berarti untuk kanal 1 dan 8 tidak dapat dikendali dengan baik. Ini dikarenakan adanya perambatan panas keluar tabung melalui penutup. Untuk itu pengendalian suhu pada kanal 1 dan 8 hanya difungsikan sebagai penahan supaya perambatan panas keluar tabung melalui penutup berkurang. Pengendalian suhu pada kanal 2 hingga 7 berfungsi untuk menyetarakan distribusi suhu di dalam tungku. Dari hasil pengendalian, seperti ditunjukkan pada gambar 5(b) hingga (g), perbedaan suhu adalah di bawah 3°C yang merupakan perbaikan dari sistem kendali sebelumnya. Pada sistem kendali sebelumnya digunakan kendali PID yang hanya dapat mengatur suhu dengan perbedaan suhu di atas 10°C

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dari percobaan di atas adalah :

1. Sistem kendali menggunakan teori fuzzy dapat diterapkan pada pengaturan suhu tungku aniling.
2. Dari perkiraan operasi tungku aniling dapat dibuat aturan kendali fuzzy.
3. Dengan menerapkan kendali fuzzy untuk pengendalian suhu pemanas elektrik, didapat pengendalian suhu yang baik.



Gambar 5. Hasil pengendalian

DAFTAR PUSTAKA

1. M. Sugeno, Fuzzy Control, Nikkan Kogyo Shimbunsha, Tokyo (1991).
2. Yamakawa, Idea of Fuzzy Computer, Kodansha, Japan (1990).
3. Mizumoto, Fuzzy Theory and Application, Science Co., Japan (1990).
4. Terano, Asai, Sugeno, Introduction of fuzzy system Application, Ohm Co., Japan (1988).
5. Iwamura, Research on Annealing of Amorphous Material, Okayama University, Japan (1986).

DISKUSI

Prayitno :

Bagaimana perbedaan atau kelebihan *fuzzy* kendali dibandingkan dengan sistem kendali yang konvensional misalnya PID ?

Bharoto :

Pada cara konvensional, perumusan matematikanya terlalu rumit, sedangkan pada *fuzzy* kontrol, hanya mengubah aturan operator yang berpengalaman ke perumusan matematika. Cara konvensional terbatas pada masukan yang sudah ditetapkan, sedangkan *fuzzy* kendali dapat lebih luas.

P. Ilham :

Apakah mungkin dalam membuat/menyusun *control rules* terdapat dua kondisi yang terpenuhi dalam satu saat, padahal jika kondisi-kondisi tersebut dipenuhi maka tindakan yang harus dilakukan oleh alat yang dikendalikan tersebut akan saling berlawanan?, bila ya mana yang dipilih ?

Bharoto :

Tidak akan bisa berlawanan, karena penentuan aturan kendali didasarkan pada operator yang berpengalaman. Sehingga sebelum alat menghitung, tentunya perumus aturan kendali akan mempelajari apakah ada yang bertentangan atau tidak.

M.Husna Al-Hasa :

Apakah sistem kendali yang dirancang dapat mengatur waktu atau suhu bila salah satu parameter di atas dikonstantakan pada material yang berbeda tebal ?

Bharoto :

Adalah bisa yaitu dengan menambahkan kondisi pada aturan kendali. Seperti misalnya menambahkan beda suhu antara suhu di bawah material dengan suhu di atas material.