

## **PENGENDALIAN PI PADA SUHU SEMISOLID MENGGUNAKAN FEEDFORWARD FEEDBACK CONTROL PADA MODEL SISTEM HOT CHARGING**

Junanto Prihantoro, Akhmad Sarif

Balai Mesin Perkakas, Teknik Produksi dan Otomasi – MEPO  
Baan Pengkajian dan Penerapan Teknologi – BPPT  
Gedung Teknologi2, PUSPIPTEK, Setu, Tangerang Selatan, Banten – 15314.  
Email : ju\_nanto\_p@yahoo.com, akhmd\_syarif@yahoo.com

### **Abstrak**

Proses semisolid metal (SSM) merupakan teknologi *metal forming* yang relatif baru. Berbeda dengan teknologi *metal forming* yang konvensional yang menggunakan *solid metal* (*solid metal processing*) maupun menggunakan cairan metal (*casting*) sebagai material awal. Proses semisolid dilakukan pada suhu antara temperatur solid metal dan cairan metal. Dengan cara tersebut diharapkan proses semisolid *forming* dapat menggabungkan kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh teknologi forming konvensional. Kondisi semisolid diperoleh dengan cara memanaskan metal di atas suhu fase *soliditus* tetapi di bawah suhu *liquidus*. Proses semisolid *metal* melibatkan beberapa aspek diantaranya bahan baku yang diperlukan, temperatur, tahapan proses, serta metoda pekerjaannya.

Perancangan model *hot charging* dimaksudkan untuk memodelkan pembuatan dies yang menggunakan kuningan sebagai bahan dasar pembuatannya. Agar tidak merubah struktur pada kuningan maka proses pencetakan dilakukan pada keadaan semisolid dari kuningan tersebut yakni suhu berkisar antara  $900^{\circ}\text{C}$  –  $950^{\circ}\text{C}$ , untuk itu diperlukan suatu sistem kontrol yang berfungsi menjaga suhu kuningan berkisar diantara suhu  $900^{\circ}\text{C}$  –  $950^{\circ}\text{C}$ , dalam hal ini digunakan *heater*.

Sistem *feedforward* dibutuhkan untuk mengkompensasi gangguan yang terjadi ketika cairan kuningan yang bersuhu diatas  $1000^{\circ}\text{C}$  dimasukkan ke dalam cetakan, *feedforward* ini membantu kinerja dari *feedback control* untuk mencapai kestabilan lebih cepat jika dibandingkan dengan sistem *feedback* tanpa *feedforward*. Fungsi kerja *feedforward* ini dilakukan oleh sebuah PLC (*Programmable Logic Control*). Ketika gangguan terjadi dan bernilai lebih dari yang ditetapkan untuk dikompensasi oleh sistem *feedback* maka *feedforward* akan mengkompensasi gangguan tersebut.

Sistem kontrol PI (*Proportional Integral*) banyak digunakan di industri untuk melakukan pengontrolan, dan meningkatkan efisiensi untuk proses-proses di industri. Sistem *feedback control* untuk pemodelan *hot charging* ini menggunakan PI sebagai pengontrolnya. Kontrol proporsional digunakan untuk mempercepat *rise time* (waktu naik) sistem, kontrol integral digunakan untuk memperbaiki kesalahan keadaan tunak (*steady state*) sistem.

Pada tulisan ini dibuat pemodelan untuk sistem kontrol suhu semisolid menggunakan *feedforward*, *feedback* dalam domain-s dengan melakukan identifikasi sistem dengan pendekatan respon waktu. Perancangan model *hot charging* diharapkan dapat meningkatkan daya saing industri terutama di bidang pertahanan dan keamanan.

**Keywords:** Semisolid, *hot charging*, *Feed forward*, *feedback control*, *PI*.

### **Pendahuluan**

Untuk mendapatkan hasil terbaik dari pencetakan *metal* dalam hal ini kuningan maka diperlukan suatu keadaan semisolid yakni kuningan berada diantara cair dan padat. Hasil tersebut dapat menyebabkan dendrit atau struktur dari kuningan tidak pecah. Keadaan semisolid berada pada kisaran suhu  $900^{\circ}\text{C}$  –  $950^{\circ}\text{C}$ . Untuk itu diperlukan suatu sistem kontrol yang mengontrol keadaan suhu cetakan agar

ketika suhu lebur kuningan/kuningan cair dimasukkan ke dalam cetakan, panas dari suhu cairan kuningan tersebut tidak sepenuhnya terserap oleh cetakan maupun lingkungan akan tetapi dapat dipertahankan pada suhu semisolidnya sehingga didapatkan produk yang lebih baik. Sistem kontrol yang digunakan untuk mengontrol suhu tersebut adalah *feedforward* dan *feedback* kontrol. Untuk kontrol *feedforward* menggunakan PLC yakni dengan terlebih dahulu menentukan parameter *feedforward* yakni dengan

melakukan pengujian terlebih dahulu dan melakukan pencatatan data perubahan ketika cairan metal kuningan dimasukkan ke *dies*. Lalu data tersebut akan dijadikan acuan oleh PLC untuk melakukan aksi kontrol *feedforward* sebelum cairan dimasukkan. Kontrol *feedback* menggunakan kontrol PI, karena sistem kontrol untuk *plant heater* ini hanya menggunakan kendali Proporsional Integral hal ini disebabkan respon yang diberikan menunjukkan identifikasi berdasarkan respon waktu terhadap sistem adalah sistem orde 1.

### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Pengendali PI merupakan pengendali gabungan antara pengendali proporsional dan integral. Dalam waktu kontinyu sinyal keluaran pengendali PI dirumuskan sebagai :

$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt \right)$$

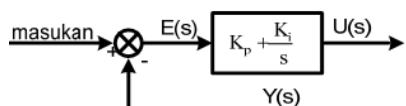
Dengan :

- $u(t)$  = sinyal keluaran pengendali PI
- $K_p$  = konstanta proporsional
- $T_i$  = waktu integral
- $K_i$  = konstanta integral
- $e(t)$  = sinyal kesalahan ( $e(t) = \text{referensi} - \text{keluaran plant}$ )

Jadi fungsi alih pengendali PI (dalam domain s) dapat dinyatakan sebagai berikut :

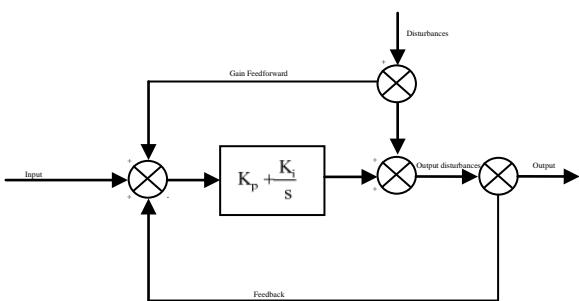
$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s}$$

Diagram blok pengendali PI dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 1.** Diagram blok pengendali PI

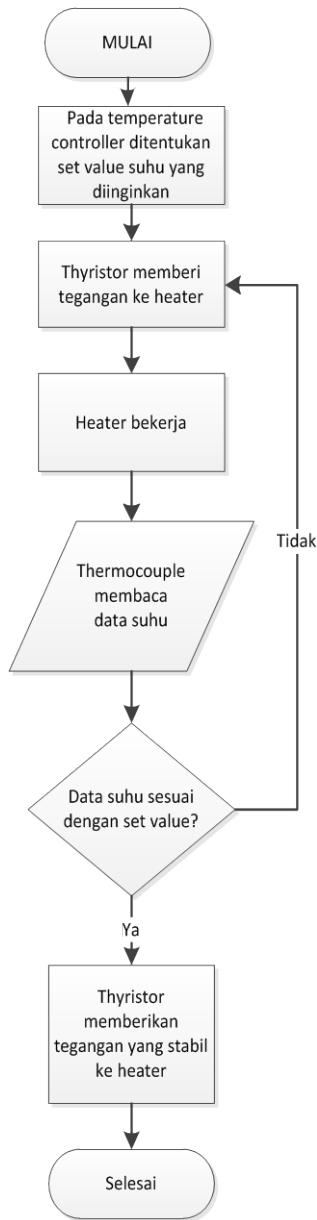
Untuk skematik kontrol *feedforward* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.** Diagram blok *feedforward feedback control*

Mekanisme pengontrolan suhu yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *set value* suhu yang diinginkan pada *temperature controller*. Untuk menjaga kondisi semisolid kuningan maka *set value* yang digunakan adalah  $900^{\circ}\text{C}$ .
2. Data *set value* diteruskan ke *thyristor* untuk mensupply tegangan ke *heater*.
3. Heater bekerja sampai mencapai suhu *set value*.
4. *Thermocouple* bekerja membaca suhu system.
5. Apabila suhu *set value* sudah tercapai, maka *temperature controller* menjaga *supply* tegangan *thyristor* ke *heater* stabil, agar suhu stabil.
6. Untuk kendali *feedforward* maka digunakan PLC yakni dengan membandingkan data yang masuk ke *register* PLC berdasarkan referensi sensor suhu dengan nilai *value register* ketika cairan kuningan dimasukkan ke *dies*. Hal ini dimaksudkan agar kinerja *feedback* untuk menstabilkan sistem menjadi lebih cepat.

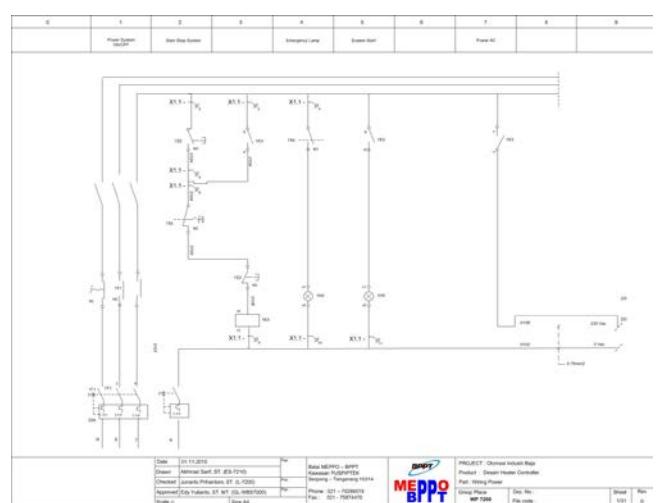
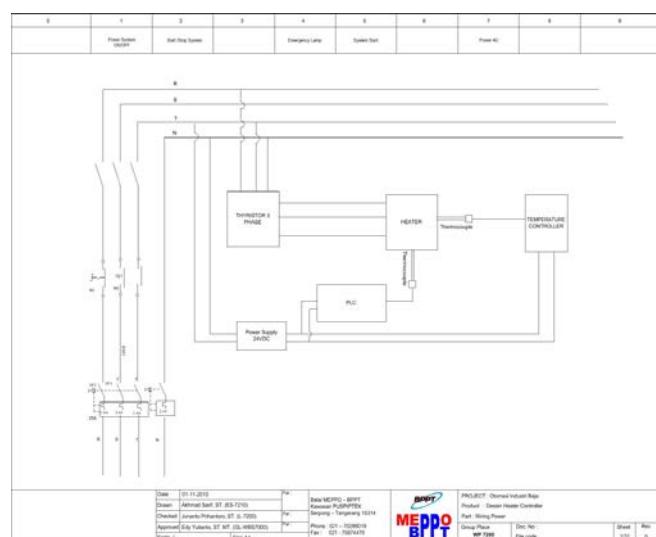


**Gambar 3.** Diagram alir proses pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah menggunakan instrument yang terdiri dari: *heater*, *thermocouple*, *temperature controller*, *thyristor*, dan *PLC*.

*Heater* yang digunakan adalah *band heater* keramik 3 phase 380 V, 5000 Watt. Sensor *thermocouple* yang digunakan adalah type K yang mampu bekerja sampai range suhu  $1350^{\circ}\text{C}$ . *Temperature controller* berfungsi membaca data dari sensor *thermocouple* yang digunakan untuk men-drive *thyristor*. *Thyristor* menerima inputan dari *temperature controller* berupa arus sebesar 4-20mA. *Thyristor* menentukan *supply* tegangan *heater*. *PLC* berfungsi menyimpan dan menjalankan instruksi-instruksi yang telah ditentukan. *PLC* yang digunakan adalah LOGO Siemens type 12/24RC. *LOGO* merupakan *logic modul* Siemens yang mengintegrasikan *control*, *operator*, *panel display*, *power supply*, *interface* untuk ekspansi modul, *interface* untuk *memory card* atau kabel USB PC, *input output*, sehingga sangat cocok digunakan untuk proses otomasi sederhana.

Berikut ini merupakan desain wiring sistem pemanas (*band heater*) :



**Gambar 5.** Wiring diagram sistem heater

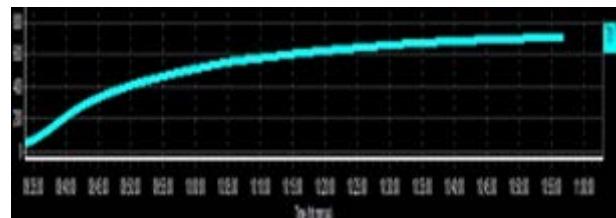
Agar instrument-instrument yang digunakan aman maka perlu diletakkan pada panel.



**Gambar 6.** Panel control pengujian

## Hasil dan Pembahasan

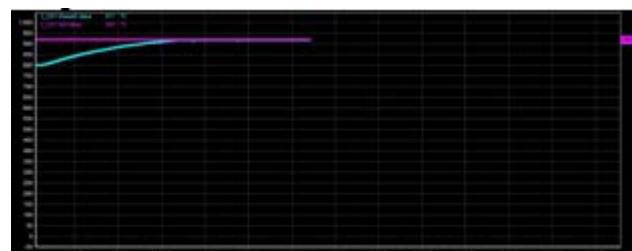
Karakteristik plant dapat diketahui dengan metode identifikasi pendekatan respon waktu pada pengujian kalang terbuka (open loop). Pengujian kalang terbuka dengan memberikan tegangan maksimal pada pemanas dalam hal ini *heater*, respon sistem dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 7.** Grafik respon sistem untuk pengujian kalang terbuka

Berdasarkan gambar 7. Dapat diketahui tidak terdapat waktu tunda pada plant karena setelah dijalankan grafik responnya langsung menanjak. Untuk penalaan *Kp* dan *Ki* berlangsung otomatis karena menggunakan temperatur kontrol.

Untuk pengujian dengan kontroller diperoleh grafik sebagai berikut :



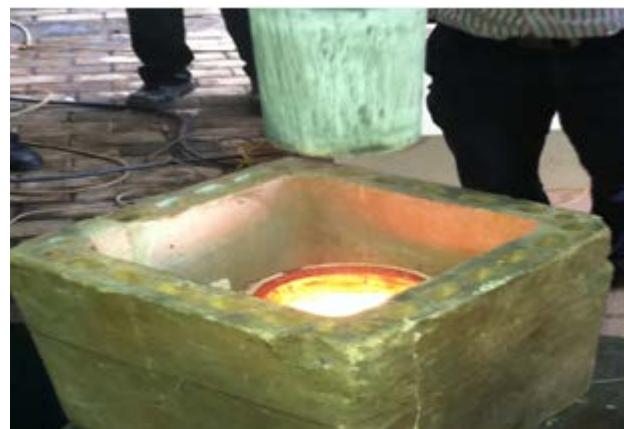
**Gambar 8.** Grafik respon sistem untuk pengujian kalang tertutup

Berdasarkan respon sistem untuk pengujian kalang tertutup pada gambar 8 dapat diketahui bahwa sistem telah berada pada keadaan stabil. Metode *feedforward* dapat diterapkan setelah diketahui nilai dari perubahan suhu pada dies yang diakibatkan oleh cairan kuningan yang menyebabkan suhu meningkat secara tiba-tiba lalu kemudian dicatat perubahan suhu tersebut.

Pada percobaan pertama untuk membuat cetakan yang terbuat dari kuningan dapat dilihat pada gambar 9. dibawah ini :



**Gambar 9.** Hasil cetakan berbentuk tabung terbuat dari kuningan



**Gambar 10.** Dies yang diselubungi oleh *band heater*



**Gambar 11.** Proses pencetakan kuningan

Berdasarkan pengujian pertama diperoleh hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan pencetakan dengan keadaan *dies* dalam keadaan dingin. Perubahan suhu meningkat ketika suhu cairan kuningan yang berkisar  $1400^{\circ}\text{C}$  dimasukkan ke dalam *dies*. Perubahan suhu sebelum dimasukkan dengan setelah dimasukkan akan dijadikan parameter *feedforward* pada pengujian selanjutnya. Selain itu ketika percobaan posisi dari sensor sangat menentukan dikarenakan ketika menggunakan sensor infra merah diketahui bahwa suhu di setiap sisi dari *dies* berbeda. Hal ini lah yang menyebabkan diperlukannya sensor setidaknya tiga buah yang diletakkan pada masing-masing sisi dari *dies* sehingga didapatkan data yang akurat. Selain itu berdasarkan gambar 9. Dapat diketahui bahwa piston

hidrolik harus disesuaikan dengan kebutuhan untuk hasil cetakan yang lebih maksimal.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dapat diketahui bahwa pengujian heater telah berhasil dengan baik terbukti suhu dies berada dalam keadaan stabil sesuai dengan referensi yang diberikan, selain itu untuk hasil pengujian pertama diperoleh hasil cetakan yang lebih baik dibandingkan dengan pengujian dengan *dies* tidak menggunakan heater.

## Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Allah SWT, M.A. Purwoadi selaku Ka. Balai MEPPPO, Teddy A. Lubis selaku Ka. Lab Otomasi dan Edy Yulianto selaku Kepala Program untuk model basic sistem hot charging.

## Referensi

Gunterus, Frans, Falsafah Dasar : *Sistem Pengendalian Proses*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997.

Malvino. "Prinsip – prinsip Elektronika". Jakarta : Erlangga, 1996.

Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta, 1994.

\_\_\_\_\_, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*, diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta, 1994