

## ANALISA STABILITAS TEMPERATUR ALUMINIUM PADA FURNACE HEATER MESIN CASTING KURTZ

Dedi Sunandar<sup>1)</sup>, Abdul Hafid Paronda<sup>2)</sup>, Setyo Supratno<sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Islam 45 Bekasi, Jl. Cut Meutia 83, Bekasi, 17110, Indonesia  
email: sunandar\_dd1@yahoo.com

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Islam 45 Bekasi, Jl. Cut Meutia 83, Bekasi, 17110, Indonesia  
email: paronda@yahoo.co.uk

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Islam 45 Bekasi, Jl. Cut Meutia 83, Bekasi, 17110, Indonesia  
email: Setyo2017@Gmail.com

### Abstrak

*Proses percetakan bahan logam menjadi suatu produk akan selalu berhubungan dengan temperatur. Salah satu industri manufaktur pelek aluminium di Indonesia adalah PT.Pakoakuina, proses cetak pelek pada PT Pakoakuina menggunakan mesin Kurtz dengan sistem injeksi Low Pressure casting (LPC). Pada sistem injeksi LPC temperatur aluminium dinaikkan hingga mencapai 720°C. Temperatur pada saat proses direkam menggunakan thermorecorder. Berdasarkan data produksi pada bulan Juli-Agustus 2016 dengan jumlah produksi sebesar 297.266 pelek, sebanyak 4.096 atau sebesar 1.4% pelek Not Good (NG) disebabkan oleh temperatur tidak stabil. Data kertas rekam temperatur (Folding chart) menunjukkan temperatur aluminium bergelombang. Berdasarkan analisa, temperatur bergelombang pada holding furnace disebabkan oleh sistem kendali heater bekerja on-off. Elemen pemanas listrik (heater) mendapatkan arus on-off sebesar 60Ampere, akibatnya temperatur aluminium tidak dapat stabil pada 720°C. Selanjutnya dilakukan analisa dan penerapan sistem kendali heater menggunakan Silicon Control Rectifier (SCR) Regulator dengan penalaan parameter Proportional Integral and Derivative (PID). Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan kurva reaksi, parameter  $KP=4.25$ ,  $KI=220$  dan  $Kd=55$  mampu mengendalikan temperatur bergelombang dengan nilai error 1 °C dan dapat menurunkan NG produk yang disebabkan temperatur aluminium sebesar 0.6 %.*

**Keywords:** Thermocontroller, PID, SCR Regulator, Heater

### 1. PENDAHULUAN

Proses peleburan dan percetakan Pada industri manufaktur akan selalu berhubungan dengan temperatur. Salah satu industri manufaktur pelek mobil dan motor dengan bahan dasar aluminium di Indonesia adalah PT Pakoakuina yang terletak di karawang, Jawa Barat. Bahan dasar aluminium yang telah dilebur selanjutnya dituang pada tungku (*Holding Furnace*) kemudian dilakukan pemisahan kandungan oksigen menggunakan gas argon, selanjutnya dikirim ke mesin *casting* Kurtz menggunakan mesin *shuttle* untuk dicetak menjadi pelek mobil atau motor. proses percetakan pelek pada mesin *casting* menggunakan mesin dengan prinsip kerja injeksi. Untuk menaikkan temperatur aluminium pada *Holding furnace casting* Kurtz menggunakan Pemanas listrik (*electric heater*), *electric heater* adalah sebuah objek yang dapat memancarkan panas menggunakan energi listrik untuk mencapai temperatur yang lebih tinggi. *electric Heater* pada mesin *casting* Kurtz memiliki daya 45KW 65A 400V. Pemanas listrik pada mesin *casting* Kurtz dikendalikan oleh *Thermocontrol* Omron E5AN yang terhubung kontaktor dengan sistem kerja *ON/OFF*.

Berdasarkan data produksi pada Bulan Juli sampai dengan Agustus 2016 dengan jumlah Produksi sebesar 297.266 pelek, 4.096 pelek *No Good* (NG) disebabkan oleh

temperatur tidak stabil, dengan data *reject casting* menunjukkan data NG dengan nilai tertinggi sebesar 0.635 %. Data *reject casting* periode Juli - Agustus 2016 ditunjukkan gambar 1.1.



Gambar 1 Data NG Pelek *Casting* Juli - Agustus 2016

Pada departemen *Casting*, Temperatur yang berkaitan dengan proses direkam menggunakan *thermorecorder* Chino EH100-12.



Gambar 2 *Thermorecorder* EH100-12.

Berdasarkan data rekam temperatur (*folding paper*) pada *thermorecorder*, temperatur aluminium pada *holding furnace casting* kurtz menghasilkan data temperatur yang bergelombang seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.3. Temperatur bergelombang tersebut menimbulkan masalah terhadap kualitas produk.



Gambar 3 Data Rekam *Thermorecorder* Pada Mesin Kurtz.

Dari kondisi tersebut perlu dibuat analisa dan memberikan usulan melakukan perbaikan sistem kontrol *electric heater* menggunakan SCR *Regulator* dengan PID agar diperoleh output secara linear untuk menanggulangi Temperatur aluminium tidak stabil pada *Holding Furnace casting* KURTZ.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Prinsip Dasar Proses *Low Pressure Casting* (LPC)

Teknik *Low Pressure Casting* (LPC) adalah teknik *casting* yang umum digunakan untuk memproduksi produk-produk simetris. Oleh karena itu, teknik ini sangat sesuai untuk manufaktur *wheel rim*.

*Molten metal* ditampung dalam sebuah *crucible* yang kedap udara, dan ditekan oleh udara dengan tekanan sekitar 0.3 bar, sehingga *molten metal* mengalir ke atas memasuki *cavity* dalam *mould* melalui sebuah tabung yang disebut *riser tube*. Setelah semua rongga cetakan terisi, tekanan akan tetap dipertahankan pada 0.8 – 1 bar hingga semua *molten* dalam *mould* membeku. Keuntungan proses ini adalah pola pembekuan *metal* dapat diatur orientasinya dengan cara mengatur sistem pendinginan selama *molten* membeku.

## B. Furnace

Tungku atau *Furnace* adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mengubah bentuk atau sifat dari suatu logam (misalnya *rolling* / penggulangan, penempaan).

Berdasarkan metode Penghasilan panas, *Furnace* secara luas diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu jenis pembakaran (menggunakan bahan bakar) dan jenis listrik (menggunakan *electric heater*). *Furnace* jenis pembakaran bergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Diantaranya *Furnace* yang menggunakan bahan bakar minyak, batu bara, atau gas.

## C. Proses Perpindahan Panas

Proses perpindahan panas dari sumber panas ke penerima dibedakan atas tiga cara yaitu perpindahan panas secara konveksi, perpindahan panas secara konduksi dan perpindahan panas secara radiasi. (Mc. Cabe, 1999).

### 1) Perpindahan Panas secara Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas dimana molekul-molekul dari zat perantara tidak ikut berpindah tempat tetapi molekul-molekul tersebut hanya menghantarkan panas atau proses perpindahan panas dari suhu yang tinggi ke bagian lain yang suhunya lebih rendah.

### 2) Perpindahan Panas secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari satu tempat ke tempat lain dengan gerakan partikel secara fisis. Perpindahan panas secara konveksi ini juga diakibatkan oleh molekul-molekul zat perantara ikut bergerak mengalir dalam perambatan panas atau proses perpindahan panas dari satu titik ke titik lain dalam fluida antara campuran fluida dengan bagian lain.

### 3) Perpindahan Panas secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena perpindahan energi melalui gelombang elektromagnetik secara pancaran. Antara sumber energi dengan penerima panas tidak terjadi kontak, bagian dapur yang terkena radiasi adalah ruang pembakaran.

## D. Pemanas atau Heater

Elemen pemanas listrik (*Electrical Heating Element*) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan tipe dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah nikelin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

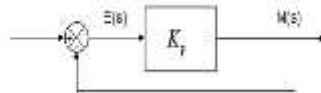
## E. Proportional Integral Derivative (PID)

Didalam suatu sistem kontrol dikenal adanya beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol *proportional*, aksi kontrol *integral* dan aksi kontrol *derivative*. Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol proporsional mempunyai keunggulan *rise time* yang cepat, aksi kontrol *integral* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* ,dan aksi kontrol *derivative* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam *overshot/undershot*. Untuk itu agar kita dapat

menghasilkan *output* dengan *risetime* yang cepat dan *error* yang kecil kita dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID.

### 1. Pengontrol Proporsional

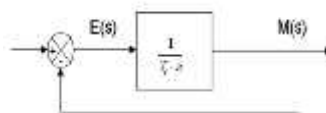
Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding atau proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran pengontrol proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengeluarkan *output* sinyal sebesar konstanta pengalinya.



Gambar 4 Diagram Blok Kontrol Proporsional

### 2. Pengontrol Integral

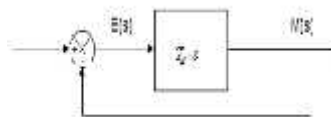
Pengontrol integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan stabil nol. Jika sebuah plant tidak memiliki unsur integrator ( $1/s$ ), pengontrol proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan stabilnya nol. Dengan pengontrol integral, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan stabilnya nol.



Gambar 5 Blok Diagram Hubungan Antara Besaran Kesalahan Dengan Pengontrol Integral.

### 3. Pengontrol Derivative

Keluaran pengontrol *derivative* memiliki sifat seperti halnya suatu operasi differensial. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.16 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara sinyal **kesalahan** dengan keluaran pengontrol.

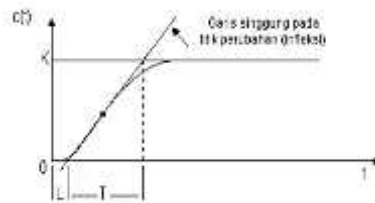


Gambar 6 Blok Diagram Pengontrol Derivative

### 4. Metode pengendalian PID dengan kurva reaksi

Metode Penalaan parameter pengontrol PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (plant). Dengan demikian betapapun rumitnya suatu plant, perilaku plant tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan **parameter** PID itu dilakukan. Karena penyusunan model matematik plant tidak mudah, maka dikembangkan suatu metode eksperimental. Metode ini didasarkan pada reaksi plant yang dikenai suatu perubahan. Dengan menggunakan metode itu model matematik perilaku plant tidak diperlukan lagi, karena dengan menggunakan data yang berupa kurva keluaran, penalaan pengontrol PID telah dapat dilakukan. Penalaan bertujuan

untuk mendapatkan kinerja sistem sesuai spesifikasi perancangan. Ogata menyatakan hal itu sebagai alat kontrol (controller tuning), kurva reaksi ditunjukkan pada gambar 7:



Gambar 7 Kurva Respons berbentuk S

Kurva berbentuk S mempunyai dua konstanta, waktu mati (dead time)  $L$  dan waktu tunda  $T$ . Dari Gambar 7 terlihat bahwa kurva reaksi berubah naik, setelah selang waktu  $L$ . Sedangkan waktu tunda menggambarkan perubahan kurva setelah mencapai 63% dari keadaan stabilnya. Pada kurva dibuat suatu garis yang bersinggungan dengan garis kurva. Garis singgung itu akan memotong dengan sumbu absis dan garis maksimum. Perpotongan garis singgung dengan sumbu absis merupakan ukuran waktu mati, dan perpotongan dengan garis maksimum merupakan waktu tunda yang diukur dari titik waktu  $L$ . Penalaan parameter PID didasarkan perolehan kedua konstanta itu. Zeigler dan Nichols melakukan eksperimen dan menyarankan parameter pengaturan nilai  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  dengan didasarkan pada kedua parameter tersebut. Tabel 2.1 merupakan rumusan penalaan parameter PID berdasarkan cara kurva reaksi.

Tabel 1 Penalaan Paramater PID Dengan Metode Kurva Reaksi

tipe pengontrol	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$T/L$	$\sim$	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$L/0.3$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5 L$

### 3. METODE PENELITIAN

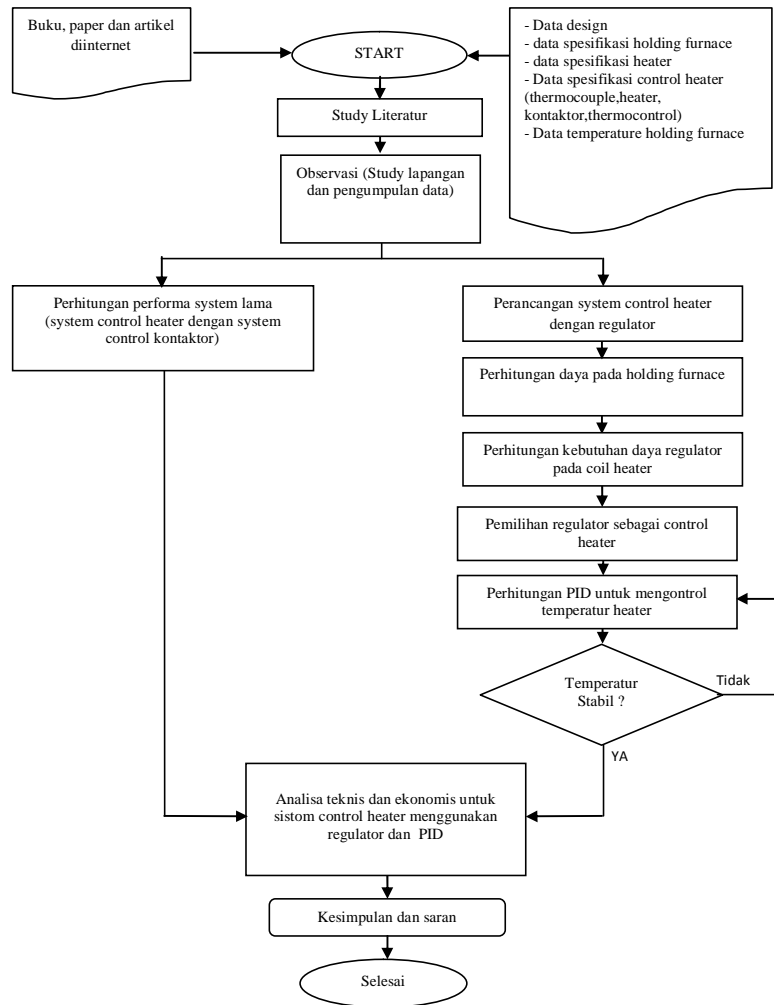
#### A. Prosedur Penelitian

Untuk mengetahui penyebab dan langkah melakukan tindakan perbaikan maka dilakukan penelitian terapan berupa pengambilan data spesifikasi yang menyangkut teori *furnace*, *heater* dan sistem kontrol *heater*. Melakukan pengukuran dan menganalisa data yang diperoleh. Selain itu dilakukan pula pengamatan (observasi) lapangan dan wawancara dengan beberapa *operator* produksi untuk memperoleh informasi penting lainnya.

Menurut Sangadji dan Sopiah (2010:19), "Penelitian Terapan adalah penyelidikan yang hati-hati, sistematis, dan terus menerus terhadap suatu masalah dengan tujuan digunakan segera untuk keperluan tertentu".

Carmines dan Zeller (2005) "penelitian terapan adalah penelitian yang menyangkut aplikasi teori untuk memecahkan masalah tertentu".

#### B. Alur penelitian



Gambar 8 *Flowchart* Analisa Stabilitas Temperatur Heater

Deskripsi *flow chart* gambar 8 analisa stabilitas temperatur heater sebagai berikut:

1. Mulai, dalam melakukan perbaikan yang pertama dilakukan adalah berkordinasi dengan pihak yang bertanggung jawab dalam hal ini *group leader* atau *supervisor Maintenance* dan Departemen produksi.
2. Studi literature, tahapan ini untuk memecahkan masalah tidak stabilnya temperatur pada mesin *casting kurtz*, penulis mencari data spesifikasi teknis dan teori yang berkaitan dengan pengendalian temperatur.
3. Observasi, tahapan ini penulis melakukan pencatatan dan pengambilan data tidak stabilnya temperatur pada mesin *casting* departemen *melting-casting*
4. Perhitungan performa sistem kontrol heater dengan kontaktor, tahapan ini penulis mengolah data tidak stabilnya temperatur untuk dianalisa besarnya daya yang dibutuhkan dengan sistem kontrol heater menggunakan kontaktor.
5. Perancangan sistem kontrol heater dengan regulator, tahapan in peenulis menghtung dan merencanakan desain sistem menggunakan SCR regulator.
6. Perhitungan daya pada *holding furnace*, tahapan ini penulis mengacu kepada buku manual mesin *casting Kurtz* mengenai spesifikasi daya pada *holding furnace*.

7. Perhitungan PID untuk mengontrol temperatur *heater*, tahapan ini penulis mengambil data pada *folding chart* selanjutnya dianalisa menggunakan konsep PID agar didapatkan temperatur yang stabil.
8. Temperatur stabil, tahapan ini penulis mengamati data perubahan temperatur untuk memastikan parameter PID telah sesuai dengan kebutuhan pada *holding furnace*.
9. Analisa teknis dan ekonomis untuk sistem kontrol *heater* menggunakan *regulator* dan PID, Pada tahapan ini penulis menghitung perbandingan konsumsi daya sistem kontrol *heater* menggunakan kontaktor dan sistem kontrol *heater* menggunakan SCR *regulator*.
10. Kesimpulan dan saran, kesimpulan dan saran dari analisa yang dilakukan.

### C. Data Primer

Ada dua metode yang digunakan untuk memperoleh data primer yaitu : metode survey dan metode observasi. pada metode survei terdapat dua teknik pengumpulan data, yaitu : wawancara (*interview*) dan kuisioner (*Questionnaires*).

#### 1. Metode Survey

Metode survey merupakan metode pengumpulan data menggunakan pertanyaan lisan maupun tertulis. Untuk memperoleh data primer, penulis menggunakan metode survey pengumpulan data dengan teknik wawancara (*interview*). Dalam hal ini penulis melakukan kegiatan aktif tanya jawab kepada *operator* yang bertugas pada proses produksi Departemen *Casting, Production Engineer (PE)* dan *maintenance*. Yang bertujuan untuk mengetahui dan mendapatkan data mengenai proses, kualitas produk *departement casting* dan sistem kontrol *heater* pada *holding furnace* Kurtz PT. Pakoakuina Karawang.

#### 2. Metode Observasi

Pada metode observasi penulis menggunakan tiga tipe observasi, diantaranya: observasi langsung, *content analysis* dan observasi mekanik.

### D. Analisis Data

Menurut Miles dan Hubberman (2010:199) "reduksi data diartikan sebagai proses pemilihan, pemusatan perhatian dan penyederhanaan, pengabstrakan, dan transformasi data kasar yang muncul dari data di lapangan."

Berdasarkan data produksi berupa data kualitas produksi dan hasil rekam temperatur, penulis melakukan analisa dengan mengambil data temperatur ruang *heater* dan aluminium menggunakan alat ukur *thermorecorder*, menganalisa data rekam temperatur dan melakukan pengukuran sistem kendali *heater* menggunakan *e-clamp ampere, multi tester, dan mili-Ampere digital display*. Selanjutnya dilakukan analisa dan perbaikan pada sistem kontrol *heater* untuk menanggulangi tidak stabilnya temperatur pada mesin *casting* kurtz.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

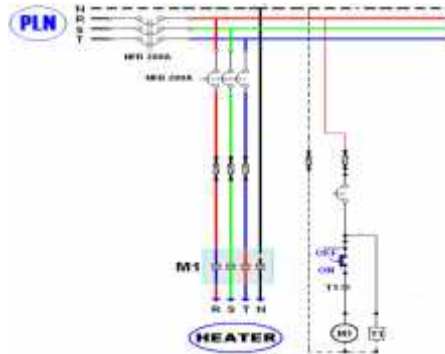
Untuk mengetahui penyebab tidak stabilnya temperatur pada mesin Kurtz maka dilakukan observasi sebagai berikut :

#### 1. Proses pengisian ulang aluminium

Pada PT. Pakoakuina proses peleburan aluminium menggunakan bahan bakar gas hingga mencapai temperatur 800°C. selanjutnya dilakukan proses pemisahan kandungan udara yang terjebak didalam aluminium menggunakan mesin *Gas Bubble Filtration (GBF)*. Pada proses GBF Temperatur aluminium pada *Holding*

*furnace* di sett dengan temperatur 725°C. Selanjutnya dikirim ke mesin kurtz untuk dicetak mejadi pelek.

## 2. Sistem kontrol temperatur pada holding furnace Kurtz



Gambar 12 sistem Kontrol Heater Casting KURTZ

Spesifikasi komponen tersebut adalah sebagai berikut :

- *Main Breaker* = mitsubishi 160 A
- *Fuse* = 100 A
- *Kontaktor* = mitsubishi SN 65
- *Thermocontrol* = omron E5AN

## 3. Thermocontrol

Data parameter pada *Thermocontrol* E5AN dengan sistem kerja *on-off* sebagai berikut :

- *Input type thermocouple* = K
- *control* = on/off
- *Input shifting* = -5
- *hysteresis* = 1
- *Alarm type* = 3
- *Set point* = 720

## B. Pembahasan Penelitian

### 1. Perhitungan kebutuhan muatan kalor pada tungku

a. Perhitungan kebutuhan kalor pada tungku

Diketahui:

$$c = \text{kalor jenis alumunium} = 9.03 \times 10^2$$

$$m = \text{massa (kg)} = 500 \text{ kg}$$

$$t = \text{perubahan suhu (}^{\circ}\text{C)} = 598-600$$

Q = kalor (joule)

Maka kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur sebesar 2°C adalah

$$Q = m.c. t$$

$$= 500 \cdot 9,03 \times 10^2 \cdot 2$$

$$= 903000 \text{ Joule} = 903 \text{ kJ}$$

b. Perhitungan kalor yang ditimbulkan oleh *Heater*

Diketahui :

$$P = 45 \text{ KW} = 45000 \text{ watt}$$

$$t = 10 \text{ menit} = 10 \times 60 \text{ s}$$

$$= 600 \text{ s}$$

maka jumlah kalor yang dapat ditimbulkan oleh elemen *Heater* adalah sebagai berikut :

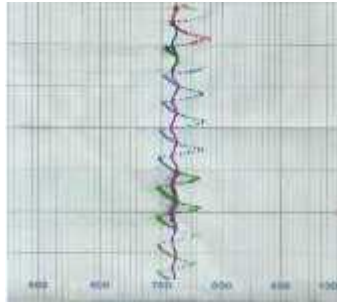
$$Q = P \times t$$



$$= 45000 \times 600$$

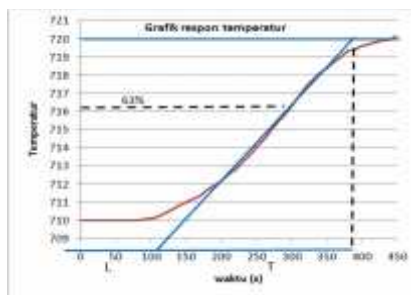
$$= 27000000 \text{ Joule} = 27 \times 10^6 \text{ Joule}$$

Sesuai dengan BAB 1 halaman 3 pada tujuan penelitian, diketahui Inilah sebab temperatur *metal* tidak stabil pada *holding furnace* kurtz. Selanjutnya penulis melakukan penelitian berupa pengambilan data radiasi temperatur pada *holding furnace casting* Kurtz dengan temperatur 720°C. Hasil dari pengambilan data radiasi *holding furnace* ditampilkan pada Gambar 13.



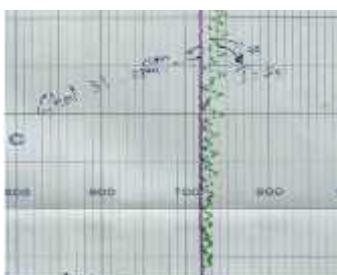
Gambar 13 Radiasi Temperatur *Heater* Dan Alumunium

Berdasarkan Gambar 13 diolah menjadi grafik ditunjukkan pada gambar 14



Gambar 14 Grafik Respon Temperatur

Berdasarkan gambar 14 diperoleh  $T = 390s$  &  $L = 110s$ , mengacu pada Tabel 1. diperoleh nilai parameter-parameter  $K_p = 1,2$   $T/L = 4.25$ ;  $T_i = 2L = 220$  dan  $T_d = 0,5L = 55$ . Hasil dari kurva temperatur ruang *heater* dan temperatur alumunium selama proses percetakan dengan 34 x shoot atau sama dengan 34 x 6.8 menit= 231.2 menit (3.8 jam) menunjukkan temperatur alumunium dalam keadaan stabil. seperti ditunjukkan pada gambar 15



Gambar 15 Kurva reaksi proses dari sistem dengan pengendalian temperatur menggunakan PID-SCR *Regulator*

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh pada analisa stabilitas temperatur pada *Holding Furnace* mesin Kurtz menggunakan PID dan *Regulator*, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya tegangan *Coil Heater* yang diberikan melalui penalaan parameter PID pada *thermocontrol*, berpengaruh terhadap naik atau turunnya temperatur. nilai  $K_p=4.25$ ;  $T_i=220$  dan  $T_d=55$  pada parameter PID dapat meminimalisir kerugian cacat produk yang disebabkan tidak stabilnya temperatur dengan kontrol *Heater* menggunakan kontaktor.
2. Penggantian system kendali *on-off* pada *heater* dengan *Regulator* menggunakan parameter PID merupakan solusi yang tepat atas tidak stabilnya temperatur *Heater* pada *Holding Furnace* tersebut.

### B. Saran

Untuk meningkatkan kualitas produk pada departemen casting PT. Pakoakuina, berkenaan dengan kestabilan temperatur maka sebaiknya dilakukan hal-hal berikut:

1. Seiring dengan teknologi yang terus berkembang terutama dibidang Programmable Logic Controller (PLC), sebaiknya sistem monitor temperatur Heater digabungkan dengan sistem PLC dengan cara memberikan tambahan modul temperatur, sehingga perubahan temperatur dapat terekam bersama dengan proses percetakan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Shafi Mukhaitir.,”Aplikasi Kendali Pid Menggunakan Skema *Gain Scheduling* Untuk Pengendalian Suhu Cairan Pada *Plant Electric Water Heater*”. Universitas Diponegoro.:1-7
- Agung S. Majid.,”Pengontrolan Temperatur Menggunakan Metode Kontrol PID Berbasis Mikrokontroler AT90S8515”. Universitas Diponegoro:1-7
- Frankestr.,2006.Operating Instruction Low Pressure Casting Line AL13 13FZC. Germany:Kurtz GmbH
- NIST. 2006. guide to supervisory and data acquisition-scada and industrial control systems security.:U.S. Department of Commerce
- Indar Chaerah Gunadin.,”Analisis penerapan pid controller pada avr (automatic voltage regulator)”. Universitas Hasanuddin:1-8
- Omron. 2005. E5CN/E5CN-U/E5AN/E5EN Digital Temperature Controller. Japan: Omron.
- Roman Al.Adam Heiligenstein., 1997-2001. SCR Power Theory Training Manual. LaVergne:Chromalox,Inc