

---

## ANALISIS UNJUK KERJA *THERMOCOUPLE* W3Re25 PADA SUHU PENYINTERAN 1500 °C

Dede Sutarya

Bidang Bahan Bakar Nuklir - PTBN

### ABSTRAK

ANALISIS UNJUK KERJA *THERMOCOUPLE* W3Re25 PADA SUHU PENYINTERAN 1500°C. Untuk mengukur temperatur di dalam tungku digunakan *thermocouple* jenis W3Re25 dengan daerah kerja pengukuran 0 – 2320 °C, *measuring junction*-nya terbuat dari campuran tungsten dan rhenium. Persyaratan terhadap lingkungan pengukuran *thermocouple* tersebut adalah vakum, gas inert, hidrogen dan tidak diijinkan digunakan pada atmosfer gas pengoksidasi diatas temperatur 300°C. Dua buah *thermocouple* digunakan pada satu tungku proses sinter. Satu *thermocouple* untuk rekorder (display temperature) dan yang lainnya digunakan oleh sistim kendali untuk mengukur temperatur aktual dalam tungku. Mengingat umur pakai dari *thermocouple* yang sudah cukup lama ( $\pm 25$  tahun) atau sekitar 40 kali proses, sehingga unjuk kerjanya perlu dilihat apakah masih memenuhi persyaratan atau tidak hal ini terutama diperlukan karena kalibrasi tidak bisa dilakukan insitu dan kalibrator hanya mampu mengkalibrasi hingga suhu 1000 °C. Dilakukan pengukuran emf yang dibangkitkan *thermocouple* dengan digital multimeter pada suhu pemanasan maksimum 1500°C. Unjuk kerja *thermocouple* masih baik, hal ini terlihat dari perubahan emf masih linier dengan perubahan temperature yang terjadi di dalam tungku sinter. Bila dibandingkan dengan emf maksimum untuk W3Re25 yaitu 39.506 mV; dan emf terukur untuk suhu 1550°C adalah 27,2 mV. Maka dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja *thermocouple* W3Re25 masih baik.

Kata kunci: temperatur, *thermocouple*, unjuk kerja, tungku, sinter

### PENDAHULUAN

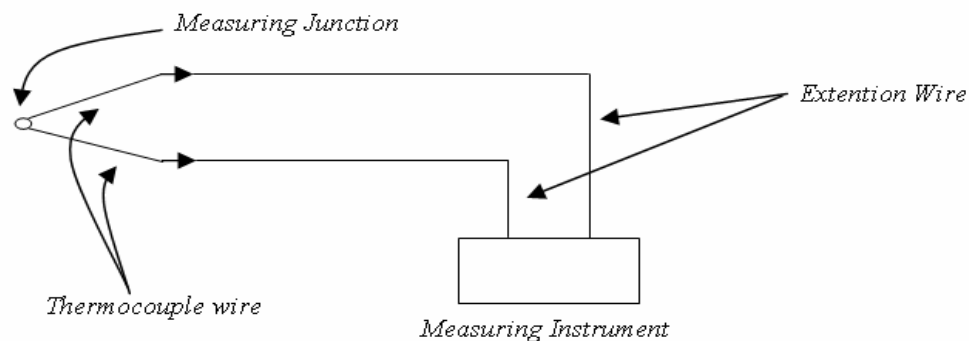
Tungku Sinter adalah tungku listrik dengan daya 80 KW yang dirancang mampu bekerja hingga 1800 °C untuk penyinteran pelet UO<sub>2</sub> dengan kapasitas penyinteran maksimum 50 kg. Arus listrik yang masuk ke tungku dikendalikan oleh sebuah autotrafo 90 KVA dengan tegangan sisi sekunder bisa diatur dari 0 s/d 46 volt dan mampu memberikan arus listrik 0 s/d 1130 ampere. Rotor dari autotrafo ini dikopel pada sebuah motor servo yang akan memutar naik atau turun rotor sehingga tegangan dari autotrafo bisa dikendalikan atau arus yang mengalir pada tungku dapat diatur. Dengan demikian suhu didalam tungku dapat dikendalikan dari luar<sup>[1]</sup>.

Untuk mengukur temperatur di dalam tungku digunakan *thermocouple* jenis W3Re25 dengan daerah kerja pengukuran 0 – 2320 °C (32 – 4208 °F) *measuring junction*-nya terbuat dari campuran tungsten dan rhenium. Persyaratan terhadap lingkungan pengukuran *thermocouple* tersebut <sup>[2]</sup> adalah vakum, gas inert, hidrogen dan tidak diijinkan digunakan pada atmosfer gas pengoksidasi diatas temperatur 300°C. Dua buah *thermocouple* digunakan pada satu tungku proses sinter, satu *thermocouple* untuk rekorder (temperature display) dan yang lainnya digunakan oleh sistim kendali untuk mengukur temperatur aktual dalam tungku. Mengingat umur pakai dari

*thermocouple* yang sudah cukup lama ( $\pm 25$  tahun, 40 kali proses), sehingga unjuk kerjanya perlu dilihat apakah masih memenuhi persyaratan atau tidak. Hal ini terutama diperlukan karena kalibrasi tidak bisa dilakukan insitu dan kalibrator hanya mampu mengkalibrasi hingga suhu 1000 °C.

## DASAR TEORI

*Thermocouple* merupakan sistim pengukuran temperatur. Elemen sensor temperatur (measuring junction) menghasilkan beda tegangan atau *electromotive force* (emf), yang kemudian emf yang dihasilkan dibandingkan dengan skala konversi tertentu menjadi unit temperatur.



Gambar 1. Sistim Pengukuran Temperatur dengan Thermocouple

Elemen sensor sebuah *thermocouple* merupakan dua jenis logam konduktor yang berbeda yang disebut *thermo-element*, satu sama lain diisolasi kecuali pada bagian junction. Kabel ekstensi *thermocouple* yang dapat digunakan adalah sepasang kabel yang mempunyai karakteristik temperatur-emf relatif terhadap *thermocouple*-nya sehingga pada saat digunakan tidak memberikan pengaruh negatif (penyebab kesalahan) terhadap hasil pengukuran.

## TATA KERJA

Ketika akurasi tinggi dibutuhkan, kawat *thermocouple* harus dibuat lebih panjang hingga ke instrumen display temperatur, hal ini akan mengeliminasi kesalahan yang mungkin ada akibat penggunaan kawat ekstensi yang tidak memiliki karakteristik temperature-emf identik dengan *thermocouple*-nya.

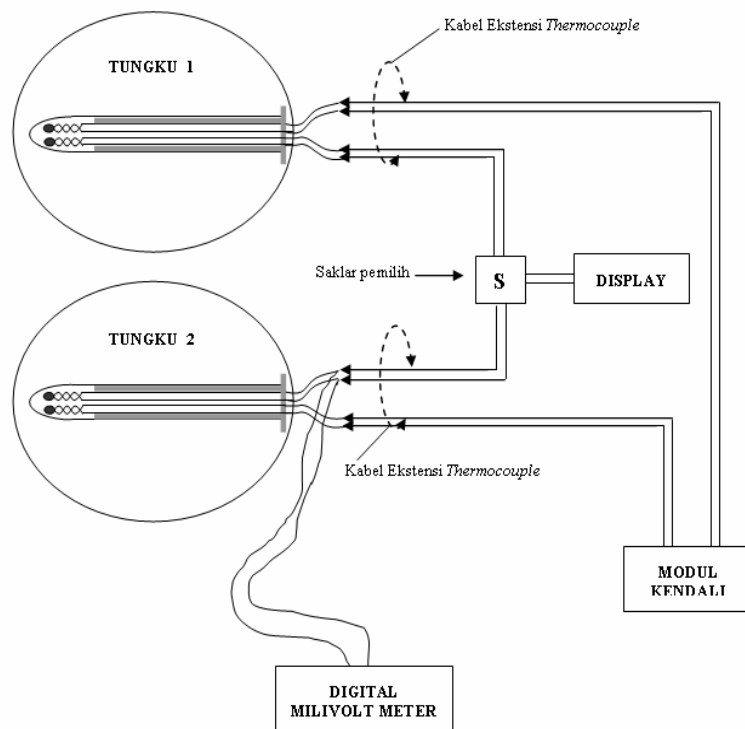
Jika koneksi langsung tidak dimungkinkan kawat ekstensi dapat digunakan. Kabel ekstensi harus mempunyai temperature-emf yang ekuivalen dengan range temperature yang akan diukur. Untuk kabel ekstensi *thermocouple* W3Re25 pada tungku sinter dapat digunakan paduan logam dengan grade temperatur 0 – 260 °C (32 – 500°F).

Semua saklar yang digunakan dengan *thermocouple* harus memiliki konstruksi kuat (dalam hal koneksi) dan didisain untuk menghubungkan dua kawat *thermocouple* ke rangkaian berikutnya. Saklar harus ditempatkan pada lokasi yang tidak dimungkinkan terjadinya fluktuasi temperatur yang disebabkan oleh udara atau radiasi sumber panas.

Analisa unjuk kerja *thermocouple* dilakukan dengan mengukur emf (mV) yang dibangkitkan dan membandingkannya dengan temperatur yang ditunjukkan oleh rekorder. Rekorder diasumsikan sudah memiliki factor konversi yang standar (oleh pabrik pembuat) yang diperuntukan untuk *thermocouple* jenis W3Re25.

Pengukuran emf dilakukan pada *lead thermocouple* (titik sambung antara kawat *thermocouple* dengan kabel ekstensi yang menghubungkannya dengan *switching*) Tungku 2 dengan menggunakan pengukur milivolt digital, pada setiap kenaikan temperatur  $100^{\circ}\text{C}$  emf yang dibangkitkan dicatat beserta parameter arus dan tegangan autotrafo selanjutnya data tersebut di tabelkan. Rangkaian pengukuran emf pada *lead thermocouple* tungku 2 diperlihatkan pada Gambar 2.

Pengukuran dilakukan pada dua kali proses penyinteran dengan suhu puncak yang sama yaitu  $1500^{\circ}\text{C}$  saat kenaikan temperatur (*increasing*) dan pada saat penurunan temperatur (*decreasing*). Hal ini dilakukan untuk mengetahui pola keduanya dan mencari lonjakan-lonjakan atau anomali yang terjadi pada pembangkitan emf oleh *thermocouple*.



Gambar 2. Pengukuran emf pada Keluaran *Thermocouple* Tungku 2

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses sintering pertama dilakukan dengan parameter operasi sebagai berikut: Suhu puncak 1550 °C, waktu pemanasan pada suhu puncak dipertahankan selama 3 jam, kecepatan pemanasan (*heating rate*) 250°C/jam dan jumlah pelet yang di sinter sebanyak 50 buah. Data yang diperoleh pada proses sinter pertama untuk pemanasan diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 : Data emf, arus dan tegangan pada proses pemanasan temperatur sinter pertama

No.	Suhu (°C)	Emf (mV)	Heater	
			Arus (kA)	Tegangan (V)
1	100	0.4	0.75	14
2	200	2.1	0.78	21
3	300	4.2	0.74	21
4	400	5.8	0.74	20
5	500	7.9	0.70	20
6	600	9.4	0.70	20
7	700	11.6	0.71	21
8	800	13.9	0.71	23
9	900	15.3	0.74	24
10	1000	17.4	0.74	26
11	1100	19.2	0.75	27
12	1200	21.3	0.75	29
13	1300	23.2	0.77	30
14	1400	25.2	0.78	35
15	1500	27.2	0.80	35
16	1550	27.2	0.80	35

Sinter kedua dilakukan dengan parameter proses sebagai berikut: Suhu puncak 1500 °C, waktu pemanasan pada suhu puncak dipertahankan selama 3 jam, kecepatan pemanasan (*heating rate*) 250 °C/jam dan Jumlah pelet yang di sinter sebanyak 50 buah. Tabel 2 menunjukkan data yang diperoleh pada proses penaikan temperatur untuk proses sinter kedua.

Proses penurunan temperatur pada tungku sinter berlangsung secara alami, terlihat pada Tabel 3 dan 4 pada sekitar temperatur 700 °C arus dan tegangan ke *heater* sudah tidak ada dengan demikian proses penurunan temeperatur hanya dipengaruhi oleh air pendingin dan gas atmofir yang dilewatkan ke ruang bakar.

Tabel 2: Data emf, arus dan tegangan pada proses penaikan temperatur sinter kedua

No.	Suhu (°C)	Emf (mV)	Heater	
			Arus (kA)	Tegangan (V)
1	100	0.8	0.69	13
2	200	2.3	0.77	20
3	300	4.1	0.74	20
4	400	5.8	0.70	18

No.	Suhu (°C)	Emf (mV)	Heater	
			Arus (kA)	Tegangan (V)
5	500	7.8	0.70	19
6	600	9.5	0.70	20
7	700	11.4	0.70	20
8	800	13.6	0.72	23
9	900	15.5	0.74	24
10	1000	17.7	0.75	26
11	1100	19.6	0.76	27
12	1200	21.4	0.77	28
13	1300	23.5	0.80	31
14	1400	25.3	0.80	32
15	1500	26.1	0.80	34

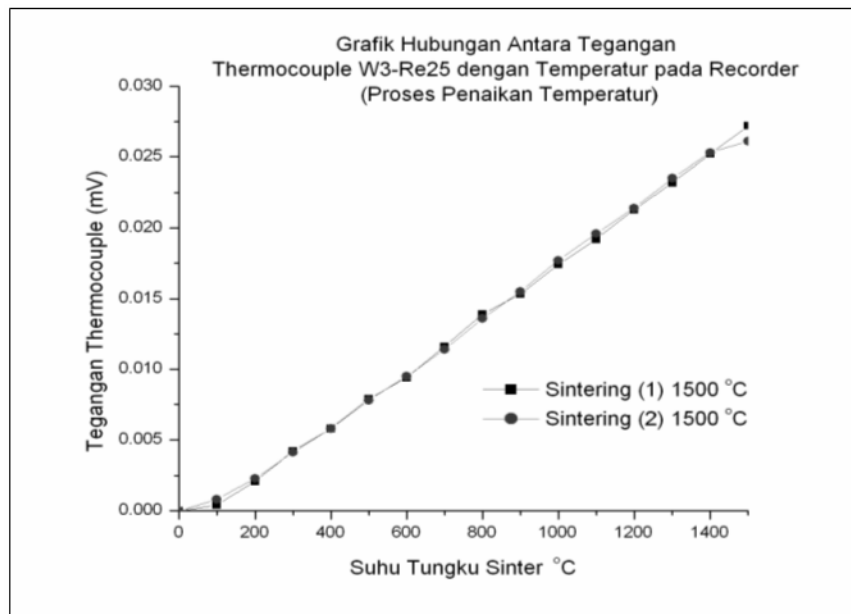
Tabel 3 : Data emf, arus dan tegangan pada proses penurunan temperatur sinter Pertama

No.	Suhu (°C)	Emf (mV)	Heater	
			Arus (kA)	Tegangan (V)
1	1500	27.2	0.80	35
2	1400	25.5	0.54	21
3	1300	23.7	0.46	18
4	1200	21.7	0.40	14
5	1100	19.8	0.35	12
6	1000	17.9	0.32	11
7	900	15.7	0.22	6
8	800	13.8	0.15	4
9	700	11.8	0	2
10	600	10.3	0	1
11	500	8.9	0	1
12	400	7.9	0	0
13	300	6.9	0	0
14	200	6.2	0	0
15	100	5.8	0	0

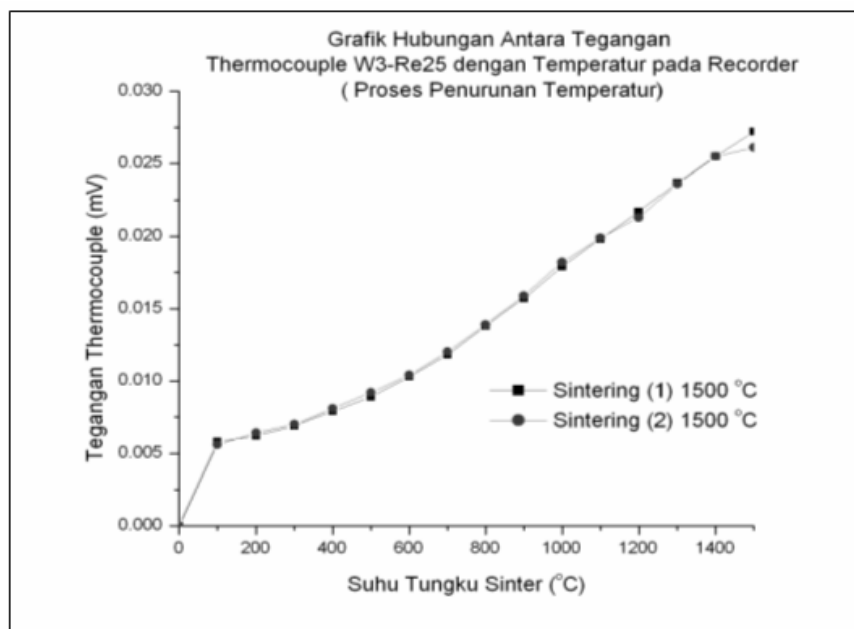
Tabel 4 : Data emf, arus dan tegangan pada proses penurunan temperatur sinter kedua

No.	Suhu (°C)	Emf (mV)	Heater	
			Arus (kA)	Tegangan (V)
1	1500	26.1	0.80	34
2	1400	25.5	0.56	22
3	1300	23.6	0.45	18
4	1200	21.3	0.38	14
5	1100	19.9	0.35	12
6	1000	18.2	0.30	10
7	900	15.9	0.10	5
8	800	13.9	0.05	4
9	700	12.0	0	1
10	600	10.4	0	1
11	500	9.2	0	0

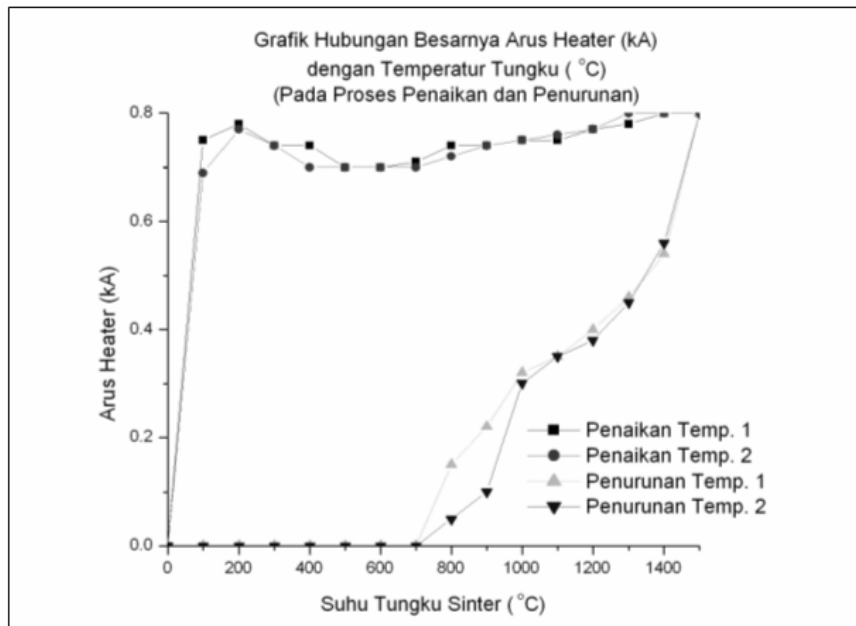
No.	Suhu (°C)	Emf (mV)	Heater	
			Arus (kA)	Tegangan (V)
12	400	8.1	0	0
13	300	7.0	0	0
14	200	6.4	0	0
15	100	5.6	0	0



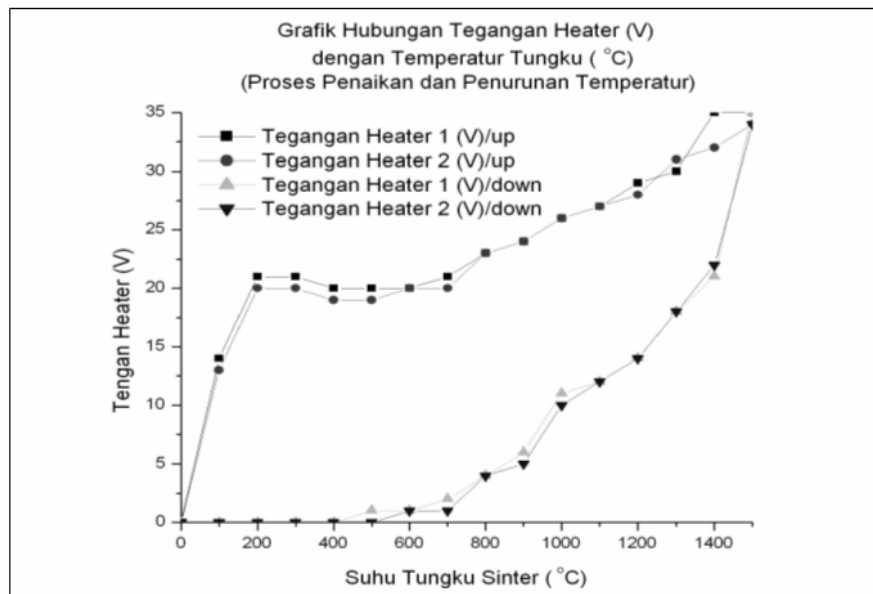
Gambar 5. Grafik hubungan antara tegangan thermocouple dengan temperatur pada rekorder untuk proses penaikan temperatur.



Gambar 6. Grafik hubungan antara tegangan thermocouple dengan temperatur pada rekorder untuk proses penurunan temperatur.



Gambar 7. Grafik hubungan besarnya arus *heater* dengan temperatur tungku (pada proses peningkatan dan penurunan).



Gambar 8. Grafik hubungan besarnya tegangan *heater* dengan temperatur tungku (pada proses peningkatan dan penurunan).

Thermocouple W3Re25 merupakan jenis *thermocouple* yang tidak standar (baik ITS ataupun ANSI). Dari kode warna thermocouple internasional<sup>[1]</sup> diperoleh data seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5 : Data *Thermocouple* W3Re25 dari International *Thermocouple* Colour Code<sup>[1]</sup>

ANSI Code	Alloy Combinations		Range	Emf max.(mV)	Limit of Error
	+ leads	- leads			
D* (W3)	Tungsten-3%	Tungsten-25%	0 – 2320°C	0 – 39.506	4.5°C (425°C)
	Rhenium W-3%Re	Rhenium W-25%Re	32 – 4208°F		1% (2320°C)

D\* bukan merupakan simbol standar

Dari Grafik 5, proses kenaikan temperatur dan perubahan emf dari *thermocouple* terlihat linier dengan perubahan temperature dan tidak terjadi anomali emf pada rentang pemanasan setiap 100°C sampai suhu puncak yang ditentukan. Perubahan emf tiap rentang temperatur tidak bisa dibandingkan dengan tabel standar emf karena memang tidak ada tabel standarnya. Oleh karena itu untuk melihat unjuk kerjanya dapat dilakukan dengan mengamati perubahan emf dengan temperatur yang ditunjukkan oleh rekorder (dianggap standar). Pada Gambar 6 setelah suhu  $\pm 700^\circ\text{C}$  grafik lebih landai. Hal ini menunjukkan bahwa proses pendinginan berlangsung secara alami.

Sedangkan besarnya arus dan tegangan terlihat pada grafik 7 dan 8, pada saat mulai proses pemanasan sampai suhu sekitar  $\pm 200^\circ\text{C}$ , terjadi lonjakan perubahan arus dan tegangan *heater* yang cukup besar, kemudian berubahannya berangsur stabil. Hal ini dikarenakan sifat lembam pada saat mulai memanaskan tungku dari keadaan dingin dibutuhkan daya yang lebih besar.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan terhadap data dan grafik yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja *thermocouple* masih baik, hal ini terlihat dari perubahan emf baik pada proses kenaikan ataupun penurunan masih linier dengan perubahan temperatur yang terjadi di dalam tungku sinter. Bila dibandingkan dengan data pada tabel 5 yang menyatakan bahwa emf maksimum untuk W3Re25 adalah 39.506 mV, emf terukur untuk suhu 1550°C adalah 27,2 mV. Dari perbandingan emf terukur dengan emf maksimum dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja *thermocouple* W3Re25 masih baik.



**DAFTAR PUSTAKA**

1. DEDE SUTARYA, "Analisis Kerusakan dan Disain Sistim Kendali Suhu Berbasis PC", Fakultas Teknik UP Bogor, 1999
2. ANONIM, "Instrumentation Handbooks", Siva & Associates Inc., 77 Coulter Avenue Toronto. ([www. Siva-Associates.com](http://www.Siva-Associates.com)).
3. OGATA .K, "Modern Control Engineering", Prentice-Hall of India, New Delhi, 1976
4. ANONIM, "Industrial Furnace Department of DEGUSSA™ WOLFGANG", Electrical Wiring Diagram Sintering Furnace, DEGUSSA WOLFGANG, 1986.
5. KATSUHITO OGATA dan EDI LEKSONO, "Teknik Kontrol Automatik", Penerbit Erlangga, Jakarta 1995.