



MODIFIKASI SISTEM PEMANAS PADA UNIT KALSINASI

Triyono

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, Jl Babarsari Nomor 21, Kotak pos 6101 Ykbb
55281 Yogyakarta, e-mail : ptapb@batan.go.id

ABSTRAK

MODIFIKASI SISTEM PEMANAS PADA UNIT KALSINASI. Telah dilakukan modifikasi sistem pemanas pada unit kalsinasi model KR-260 E. Kegiatan meliputi : pembuatan, instalasi, pengujian sistem pemanas dengan pengaturan tegangan secara bertahap dan tegangan penuh pada unit kalsinasi. Metode pembuatan sistem pemanas yaitu : menentukan panjang kawat pada setiap bagian blok elemen pemanas kiri (E2), bawah (E3), kanan (E4) menggunakan rumus $P = \pi \cdot D \cdot n$ dan membuat kumparan elemen pemanas pada tiap blok pemanas. Metode instalasi sistem pemanas yaitu : tiap elemen pemanas di instal ke dalam alur blok pemanas bagian kiri (E2), bawah (E3) dan kanan (E4) secara kompak, blok pemanas diinstal kedalam chamber unit kalsinasi dan ujung-ujungnya dihubungkan ke sumber tegangan 380 Volt AC 3 fase. Setelah pembuatan dan instalasi dilakukan uji fungsi alat dengan pengaturan tegangan secara bertahap dan tegangan penuh 380 Volt AC. Untuk memonitor / mengontrol suhu pada chamber digunakan kontrol suhu digital dengan sensor suhu tipe K3. Hasil modifikasi dan uji fungsi sistem pemanas pada unit kalsinasi KR-260 E menunjukkan bahwa : blok pemanas kiri (E2) mempunyai 1014 kumparan hambatan 10,8 Ohm panjang kawat 31,8 meter, blok pemanas bawah (E3) mempunyai 1740 kumparan hambatan 20,4 Ohm dan panjang kawat 54,6 meter, blok pemanas kanan (E4) mempunyai 1014 kumparan hambatan 10,8 Ohm panjang kawat 31,8 meter. Uji sistem pemanas dengan pengaturan tegangan secara bertahap 100-380 Volt menunjukkan suhu chamber 29-1004 °C selama waktu uji 94 menit. Uji fungsi sistem pemanas dengan tegangan penuh antara 383-386 Volt AC dengan waktu uji 3-96 menit menunjukkan suhu chamber 26-1000 °C.

Kata Kunci : Modifikasi, Sistem pemanas, Unit kalsinasi KR-260 E, Kontrol suhu

ABSTRACT

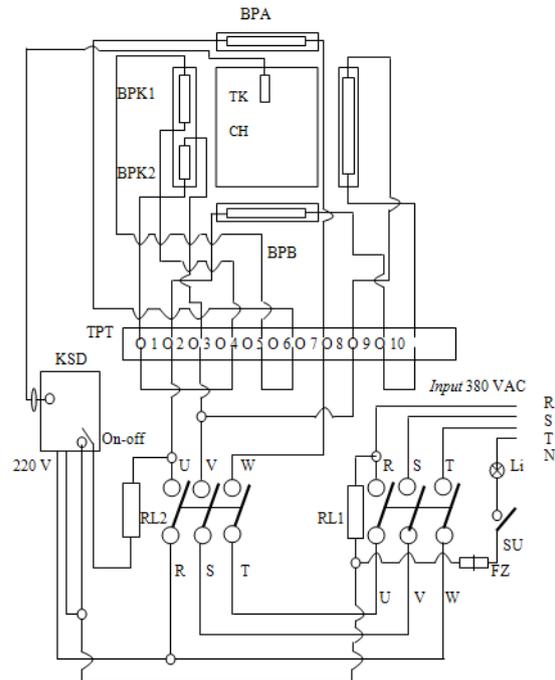
MODIFICATION HEATER SYSTEM OF CALCINATION UNIT. The heater system of calcination unit model KR-260E has been modified. The activity includes : manufacture, installation and heater system testing with voltage regulation step by step and full voltage of calcination unit. The method of manufacture heater system includes : determined wire long of every block left heater element (E2), button (E3) and right (E4) using formula $P = \pi D n$ and manufacture coil heater element of every heater area. The installation method heater system includes : every heater element has been installed into gate heater area part left (E2), button (E3) and right (E4) to compactly, heater block has been installed in unit calcination chamber and rods connected to voltage source 380 Volts AC 3 phase. After manufacture and installation has been tested device with voltage regulation step by step and full voltage 380 Volts AC. For monitoring or controlling temperature of chamber use of digital temperature control with temperature sensor type K3. Result modified and testing heater system of calcination KR-260 E unit shown that : left heater block (E2) have 1014 coil resistance 10.8 Ohm and wire long 31.8 meters, heater button block (E3) have 1740 coil resistance 20.4 Ohm and wire long 54.6 meters, right heater block (E4) have 1014 coil resistance 10.8 Ohm wire long 31.8 meters. The testing of the heater with voltage regulation step by step 100-380 Volts showed chamber temperature 29-1004 °C a long time testing 94 minutes. The testing heater system with full voltage between 383-386 Volts AC with time testing 3-96 minutes showed chamber temperature chamber 26-1000 °C.

Key Word : Modification, Heater system, Calcination unit, Temperature controller.



PENDAHULUAN

Dalam pembuatan kernel UO_2 di BKTPB-PTAPB BATAN Yogyakarta menggunakan metode gelas eksternal. Secara garis besar proses pembuatan kernel UO_2 meliputi proses sol gel metode gelas eksternal melalui beberapa tahap yaitu : pembuatan umpan, proses gelas, pencucian, pengeringan, kalsinasi, reduksi dan sintering ⁽¹⁾. Untuk keperluan proses kalsinasi hasil gelas UO_2 diperlukan unit kalsinasi dengan *chamber* yang cukup luas untuk memudahkan proses kalsinasi cuplikan dalam jumlah yang relatif banyak. Unit kalsinasi yang ada di BKTPB memiliki spesifikasi sebagai berikut : model KR-260 E, suhu maksimal $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$, daya listrik 8000 Watt, tegangan kerja 380 Volt AC 3 fase, frekuensi 50 Hz dan arus kerja 21 Ampere. Dimensi internal *chamber* berukuran lebar 260 cm tinggi 160 cm dan kedalaman 450 cm. kondisi awal unit kalsinasi mengalami kerusakan pada elemen pemanas, sehingga tidak dapat membangkitkan suhu sampai $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ⁽²⁾. Agar unit kalsinasi dapat bekerja secara normal diperlukan modifikasi elemen pemanas menggunakan bahan berupa kawat nikelin berdiameter 2 mm. Untuk menghitung panjang kawat yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan rumus $P = \pi D n$ (meter) ⁽³⁾. Spesifikasi kawat nikelin dapat dihitung hambatanannya $R = \rho \cdot L / A$ (Ohm). Hambatan kawat nikelin (R) akan ditentukan oleh panjang kawat nikelin (meter) dan diameter kawat yang digunakan. Kumputan kawat nikelin dibuat dengan diameter luar 10 mm sesuai dengan alur pada blok pemanas batu tahan api dengan jumlah alur 6-12 alur. Untuk pemanas bagian bawah berjumlah 12 alur sedangkan blok pemanas bagian kiri dan kanan 6 alur. Untuk pengendalian suhu pada *chamber* diperlukan kontrol suhu yang lebih representatif berupa kontrol suhu digital sensor K3 yang dapat digunakan pada daerah suhu $0-1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ secara otomatis dan kontinyu. Dengan penerapan kontrol suhu digital suhu *chamber* yang diinginkan dapat di *setting* sesuai yang diperlukan. Diharapkan dengan penerapan kontrol suhu digital akan dapat mengurangi besarnya deviasi yang terjadi saat kontrol suhu pada kondisi *off* dan *on* ⁽⁴⁾. Keluaran kontrol suhu berupa kondisi *on-off* dihubungkan ke relay kontak AC dan mengendalikan kumputan relay sekunder untuk mensuplai sumber tegangan 380 Volt AC ke masing-masing elemen pemanas E1, E2, E3 dan E4. Blok diagram hubungan antara elemen pemanas pada blok pemanas terhadap pengendalian sumber tegangan *input* 380 Volt AC 3 fase dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram hubungan antara elemen pemanas pada blok pemanas terhadap pengendalian sumber tegangan *input* 380 Volt AC 3 fase.

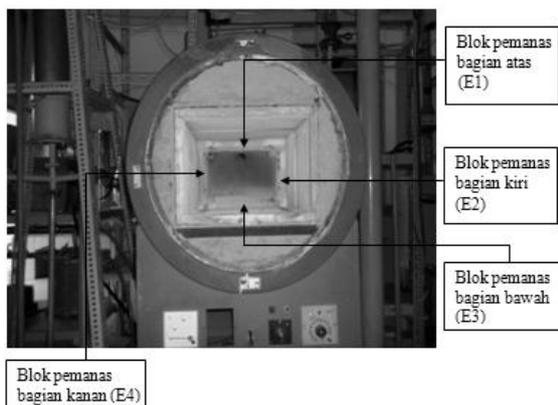
Keterangan Gambar 1 :

- BPA : Blok pemanas bagian atas (E1) terdiri dari 12 elemen pemanas dengan jumlah total kumputan 1644 gulungan hambatan total 23,4 Ohm panjang kawat total 51,50 meter. Blok pemanas bagian atas tidak dilakukan modifikasi, karena kumputan masih dalam kondisi baik dan hanya diperlukan penambahan konektor pada kedua ujung-ujungnya.
- BPKI : Blok pemanas bagian kiri (E2) termodifikasi terdiri dari 6 elemen pemanas dengan jumlah total kumputan 1014 gulungan hambatan total 10,8 Ohm dan panjang total 31,8 meter.
- BPB : Blok pemanas bagian bawah (E3) termodifikasi terdiri dari 12 elemen pemanas dengan jumlah total kumputan 1740 gulungan hambatan total 20,52 Ohm dan panjang total 54,6 meter.
- BPK 1 dan BPK 2 : Blok pemanas bagian kanan (E4) termodifikasi terdiri dari 6 elemen pemanas dengan jumlah total kumputan 1014 gulungan hambatan total 10,8 Ohm dan panjang kawat total 31,8 meter.
- TK : Termokopel tipe K3
- CH : *Chamber* unit kalsinasi lebar 260 mm tinggi 160 mm dan kedalaman 450 mm.
- TPT : Terminal pembagi tegangan *input* ke elemen pemanas E1, E2, E3 dan E4.

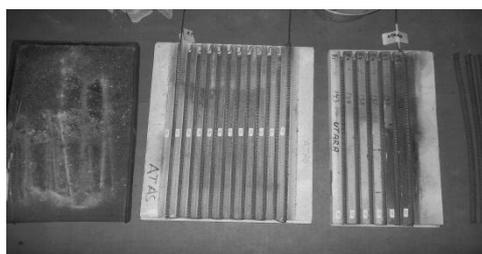


- KSD : Kontrol suhu digital pada *chamber* kalsinasi.
 RL1 : Relay AC 1 untuk mensuplai tegangan utama 380 Volt AC ke kontrol suhu dan elemen pemanas E1-E4.
 RL2 : Relay AC 2 untuk mensuplai tegangan 380 Volt AC ke elemen pemanas yang dikendalikan oleh kontrol suhu digital.
 SU : Saklar utama untuk menhidupkan relay 1.
 Li : Lampu indikator *input* tegangan
 FZ : Pengaman kumparan relay utama RL1.
 R,S,T : Sumber tegangan *input* 380 Volt AC 3 fase 63 Ampere
 U,V,W: Tegangan *output* 380 Volt AC ke elemen pemanas melalui terminal pembagi tegangan

Bentuk fisik unit kalsinasi KR-260E setelah elemen pemanas pada blok pemanas E2, E3 dan E4 dimodifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk fisik unit kalsinasi KR-260 E setelah elemen pemanas pada blok pemanas E2, E3 dan E4 dimodifikasi.



Gambar 3. Bentuk fisik elemen pemanas hasil modifikasi.

TATA KERJA

Bahan dan Peralatan

Bahan yang diperlukan untuk pelaksanaan penelitian meliputi : kawat nikelin diameter 2 mm panjang kawat 120 cm, terminal kabel 220 Volt 16 Ampere, selongsong asbes diameter 2 mm, serbuk batu tahan api, mur baut, kabel serabut YNM 2,5

mm dan 1,5 mm, kontrol suhu digital, sensor suhu tipe K3, relay AC 220 Volt 5 Ampere, kabel sensor.

Peralatan yang diperlukan meliputi : peralatan mekanik, toolsets, hand crimping tools, boor listrik, digital multimeter sanwa CD 80a, tang ampermeter, automatic wire tripper & cutter JRF-WS 102, automatic pelling plier boss tools dan sketmat analog dan variac 380 Volt 10 KVA.

Cara Kerja

Pelaksanaan penelitian dilakukan sebagai berikut :

1. Dipelajari *operating instructions chamber furnace model KR E with electronic controller*.
2. Dilakukan pengecekan terhadap kondisi terakhir unit kalsinasi KR-260 E sebelum dilakukan modifikasi pada elemen pemanasnya.
3. Dilakukan pelepasan tutup bagian depan unit kalsinasi untuk mengeluarkan blok elemen pemanas E1, E2, E3 dan E4 dengan urutan sebagai berikut :
 - a. Blok elemen pemanas bagian atas (E1) dikeluarkan dari dudukannya dan diletakkan pada tempat datar agar tidak retak.
 - b. Blok elemen pemanas bagian kiri (E2) dikeluarkan dari dudukannya dan diletakkan pada tempat yang datar supaya tidak retak.
 - c. Blok elemen pemanas bagian bawah (E3) dikeluarkan dari dudukannya dan diletakkan pada tempat yang rata agar tidak retak.
 - d. Blok elemen pemanas bagian kanan (E4) dikeluarkan dari dudukannya dan diletakkan pada tempat yang rata agar tidak retak.
4. Ditentukan panjang kawat nikelin yang diperlukan untuk melakukan modifikasi elemen pemanas dengan urutan sebagai berikut :
 - a. Menghitung jumlah gulungan setiap elemen pemanas pada masing-masing blok pemanas : bagian atas, bagian kiri, bagian bawah dan bagian kanan.
 - b. Menghitung jumlah gulungan elemen pemanas pada blok pemanas bagian kiri dan mengukur ulang hambatan (R) total E2.
 - c. Menghitung jumlah gulungan elemen pemanas pada blok pemanas bagian kanan dan mengukur ulang hambatan (R) total E4.
 - d. Menghitung jumlah gulungan elemen pemanas pada blok pemanas bagian bawah dan mengukur ulang hambatan (R) total E3. Panjang kawat yang diperlukan untuk keperluan modifikasi pada unit kalsinasi KR-260 E dapat dihitung dengan rumus $P = \pi \cdot D \cdot n$ (meter).
 P = Panjang kawat yang diperlukan (meter).
 $\pi = 3,14$
 n = Jumlah gulungan elemen pemanas pada masing-masing blok pemanas



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

- D = Diameter gulungan luar
5. Dilakukan modifikasi elemen pemanas pada blok pemanas dengan langkah sebagai berikut :
 - a. Pembuatan kumparan elemen pemanas bagian kiri (E2)
 - b. Pembuatan kumparan elemen pemanas bagian bawah (E3)
 - c. Pembuatan kumparan elemen pemanas bagian samping kanan (E4)
 6. Elemen pemanas yang telah dibuat (E2, E3 dan E4) diinstal ke blok pemanas secara benar, rapi dan aman.
 7. Dilakukan instalasi blok elemen pemanas E2, E3 dan E4 ke dalam *chamber* unit kalsinasi secara rapi, benar dan aman.
 8. Ujung-ujung elemen pemanas pada masing-masing blok pemanas dihubungkan ke terminal pembagi tegangan *input* 380 Volt AC 3 fase menuju relay AC 380 Volt AC 3 fase.
 9. Instalasi sensor suhu K3 ke dalam *chamber* untuk memonitor / mengontrol suhu *chamber* unit kalsinasi KR-260 E.
 10. Instalasi kontrol suhu digital untuk pengontrolan suhu *chamber* secara otomatis pada suhu *setting* yang diinginkan.
 11. Tutup depan dan belakang dipasang secara rapi, kuat dan kompak dan terjamin atas keselamatan alat dan operator.
 12. Dilakukan uji fungsi elemen pemanas pada blok pemanas pasca modifikasi untuk menentukan unjuk kerja unit kalsinasi pasca modifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan dimodifikasinya sistem pemanas kalsinasi model KR-260 E diperoleh suhu optimum antara 30-1000 °C untuk proses kalsinasi cuplikan uranium. Untuk pengendalian suhu pada *chamber* telah terapkan kontrol suhu digital dengan sensor suhu K3. Hasil pengecekan kondisi unit kalsinasi sebelum dilakukan modifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengecekan kondisi unit kalsinasi sebelum dilakukan modifikasi.

No	Nama elemen pemanas	Hasil pengecekan fisik elemen pemanas	Keterangan
1	Bagian atas (E1).	Kondisi utuh	Tidak dimodifikasi
2	Bagian kiri (E2).	Kondisi cacat (leleh)	Perlu modifikasi
3	Bagian bawah (E3).	Kondisi cacat (leleh)	Perlu modifikasi
4	Bagian kanani (E4).	Kondisi cacat (putus)	Perlu modifikasi

Dari hasil pengecekan secara fisik menunjukkan bahwa, elemen pemanas yang masih memenuhi syarat untuk diinstal ulang yaitu elemen pemanas bagian atas (E1) yang terhubung ke fase W. Elemen pemanas bagian kiri (E2) terhubung ke fase V mengalami kerusakan (leleh), sehingga diperlukan modifikasi. Elemen pemanas bagian bawah (E3) terhubung ke fase U mengalami kerusakan (leleh) perlu modifikasi. Elemen pemanas bagian kanan (E4) terhubung ke elemen pemanas bagian atas (E1) menuju ke fase V. Pada kondisi ketiga elemen pemanas mengalami kerusakan, maka suhu yang dibangkitkan tidak mencapai 1000 °C, sehingga perlu dilakukan modifikasi pada ke tiga elemen pemanas (E2, E3 dan E4). Sesudah dilakukan pengecekan elemen pemanas secara fisik setiap bagian, kemudian dilakukan pengecekan secara terperinci meliputi : jumlah alur pemanas, jumlah kumparan, hambatan dan panjang kawat (perhitungan). Hasil pengecekan/pengukuran elemen pemanas pada blok pemanas bagian atas dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil pengecekan dan pengukuran elemen pemanas pada blok pemanas atas (E1) ditunjukkan pada Tabel 2 mempunyai 12 elemen pemanas dalam kondisi masih utuh dan tidak perlu dimodifikasi. Jumlah elemen pemanas pada blok pemanas bagian atas (E1) sebanyak 12 elemen dengan jumlah kumparan 1644 gulung dengan hambatan total 23,4 Ohm dan panjang kawat 51,50 meter. Untuk memfungsikan kembali blok elemen pemanas E1 diperlukan konektor pada kedua ujungnya sepanjang 40 cm. Elemen pemanas pada bagian atas (E1) terhubung ke fase W dan ujung lainnya terkoneksi ke elemen pemanas bagian kiri (E4). Hasil pengecekan / pengukuran sebelum dan sesudah dimodifikasi elemen pemanas pada blok pemanas bagian kiri (E2) dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil pengecekan / pengukuran sebelum dan sesudah dimodifikasi elemen pemanas pada blok pemanas bagian kiri (E2) yang ditunjukkan pada Tabel 3 mempunyai hambatan relatif sama besarnya yaitu 1,6 Ohm (sebelum dimodifikasi) dan 1,8 Ohm (sesudah dimodifikasi). Jumlah kumparan sebelum dilakukan modifikasi antara E1-E6 sejumlah 787 gulung dengan hambatan total 9,6 Ohm dan panjang kawat total 24,68 meter. Setelah dilakukan modifikasi pada elemen pemanas E1-E6 berjumlah 1014 gulung dengan hambatan total 10,8 Ohm dan panjang kawat total 31,8 meter. Jumlah kumparan E1-E6 dibuat sama sebesar 169 gulung, agar panas yang dibangkitkan lebih merata ke bidang blok pemanas dan dibuat relatif kumparannya lebih banyak dari jumlah kumparan sebelum dimodifikasi.



Tabel 2. Hasil pengecekan / pengukuran elemen pemanas pada blok pemanas atas (E1).

No	Nama Elemen Pemanas	Hasil Pengecekan / Pengukuran Elemen Pemanas			Keterangan
		Jumlah kumparan, gulung	Hambatan, Ohm	Panjang kawat, meter	
1	E1	144	1,92	4,52	<i>Input 1</i>
2	E2	139	1,92	4,36	
3	E3	139	1,92	4,36	
4	E4	138	1,92	4,33	
5	E5	140	1,92	4,39	
6	E6	136	1,92	4,27	
7	E7	135	1,92	4,23	
8	E8	135	1,92	4,23	
9	E9	135	1,92	4,23	
10	E10	134	1,92	4,20	
11	E11	133	1,92	4,17	<i>Input 2</i>
12	E12	130	1,92	4,27	
	Jumlah	1644	23,4	51,5	

Tabel 3. Hasil pengecekan / pengukuran sebelum dan sesudah dimodifikasi elemen pemanas pada blok pemanas bagian kiri (E2).

Hasil pengecekan / pengukuran sebelum dimodifikasi				Hasil pengecekan / pengukuran sesudah dimodifikasi			Keterangan
Nama elemen pemanas	Jumlah kumparan, gulung	Hambatan kumparan, Ohm	Panjang kawat, meter	Jumlah kumparan, gulung	Hambatan kumparan, Ohm	Panjang kawat, meter	
E1	135	1,6	4,23	169	1,8	5,3	<i>Input 1</i>
E2	135	1,6	4,17	169	1,8	5,3	
E3	136	1,6	4,22	169	1,8	5,3	
E4	133	1,6	4,17	169	1,8	5,3	
E5	125	1,6	3,92	169	1,8	5,3	
E6	125	1,6	3,92	169	1,8	5,3	
Jumlah	787	9,6	24,65	1014	10,8	31,8	<i>Input 2</i>

Jumlah kumparan lebih banyak akan mengurangi besarnya arus kerja elemen pemanas, sehingga blok pemanas relatif memperpanjang umur pakai, dan menurunkan laju panas ($^{\circ}\text{C}$ / menit). Jumlah kumparan akan mempengaruhi besarnya konsumsi arus kerja pada setiap elemen pemanas, tetapi diharapkan masih diperoleh suhu optimum, walaupun laju panas menurun. Panjang kawat pada setiap elemen pemanas dapat dihitung dengan rumus $P = \pi \cdot D \cdot n$ (meter). Hasil pengecekan / pengukuran sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi elemen pemanas blok pemanas bagian bawah (E3) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan hasil pengecekan / pengukuran elemen pemanas sebelum dan sesudah dimodifikasi pada blok pemanas bagian bawah (E3). Hasil pengecekan / pengukuran elemen pemanas pada blok pemanas bagian bawah (E3) sebelum dimodifikasi menunjukkan spesifikasi meliputi : jumlah elemen pemanas 12 buah (E1-E12), jumlah kumparan 1689 gulung dengan hambatan 20,4 Ohm dan panjang kawat total 53,03 meter. Untuk melakukan modifikasi elemen pemanas E1-E12 dibuat kumparan total 1740 gulung dengan hambatan total 20,52 Ohm dan

panjang kawat total 54,60 meter. Dengan menambah jumlah kumparan akan mengurangi besarnya arus *start*, tetapi diharapkan masih dicapai suhu optimum 1000°C dengan waktu yang relatif tidak terlalu cepat. Waktu pemanasan yang dicapai dengan waktu singkat akan menghasilkan laju panas yang tinggi, sehingga hanya cocok untuk kalsinasi cuplikan yang tidak membutuhkan pengaturan laju panas. Hasil pengecekan / pengukuran elemen pemanas pada blok pemanas bagian kanan (E4) sebelum dan sesudah dimodifikasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan hasil pengecekan / pengukuran elemen pemanas sebelum dan sesudah dimodifikasi. Sebelum dilakukan modifikasi elemen pemanas blok pemanas bagian kanan (E4) mempunyai jumlah kumparan 828 gulung dengan hambatan total 10,01 Ohm dan panjang kawat total 25,98 meter. Sesudah dilakukan modifikasi pada elemen pemanas mempunyai jumlah kumparan total 1014 gulung dengan hambatan total 10,8 Ohm dan panjang kawat total 31,8 meter. Kelebihan panjang kawat dimaksudkan untuk menurunkan arus *start*, sehingga pemanasan tidak terlalu cepat. Pemanasan yang terlalu cepat akan menghasilkan laju panas



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

yang tinggi dan cenderung akan merusakkan terhadap cuplikan yang dipanaskan. Ujung konektor 1 terhubung ke terminal pembagi tegangan nomor 1 dan ujung konektor 2 dihubungkan ke terminal pembagi tegangan nomor 5 menuju *input* pemanas

bagian atas. Hasil uji fungsi blok elemen pemanas bagian atas (E1), bagian kiri (E2), bagian bawah (E3) dan bagian kanan (E4) pasca modifikasi dengan sistem pengaturan tegangan (*Variac*) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4. Hasil pengecekan / pengukuran sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi elemen pemanas blok pemanas bagian bawah (E3).

Nama elemen pemanas	Hasil pengecekan / pengukuran sebelum dimodifikasi			Hasil pengecekan / pengukuran sesudah dimodifikasi			Keterangan
	Jumlah kumparan, gulung	Hambatan kumparan, Ohm	Panjang kawat, meter	Jumlah kumparan, gulung	Hambatan kumparan, Ohm	Panjang kawat, meter	
E1	140	1,7	4,39	145	1,71	4,55	<i>Input 1</i>
E2	140	1,7	4,39	145	1,71	4,55	
E3	138	1,7	4,33	145	1,71	4,55	
E4	139	1,7	4,36	145	1,71	4,55	
E5	139	1,7	4,36	145	1,71	4,55	
E6	142	1,7	4,45	145	1,71	4,55	
E7	143	1,7	4,49	145	1,71	4,55	
E8	138	1,7	4,33	145	1,71	4,55	
E9	141	1,7	4,42	145	1,71	4,55	
E10	143	1,7	4,49	145	1,71	4,55	
E11	143	1,7	4,49	145	1,71	4,55	
E12	143	1,7	4,49	145	1,71	4,45	<i>Input 2</i>
Jumlah	1689	20,4	53,03	1740	20,52	54,60	

Tabel 5. Hasil pengecekan / pengukuran elemen pemanas pada blok pemanas bagian kanan (E4) sebelum dan sesudah dimodifikasi.

Nama elemen pemanas	Hasil pengecekan / pengukuran sebelum dimodifikasi			Hasil pengecekan / pengukuran sesudah dimodifikasi			Keterangan
	Jumlah kumparan, gulung	Hambatan kumparan, Ohm	Panjang kawat, meter	Jumlah kumparan, gulung	Hambatan kumparan, Ohm	Panjang kawat, meter	
E1	143	1,7	4,49	169	1,8	5,3	<i>Input 1</i>
E2	139	1,7	4,36	169	1,8	5,3	
E3	138	1,7	4,33	169	1,8	5,3	
E4	131	1,6	4,11	169	1,8	5,3	
E5	134	1,6	4,20	169	1,8	5,3	
E6	143	1,71	4,49	169	1,8	5,3	
Jumlah	828	10,01	25,98	1014	10,8	31,8	

Tabel 6. Hasil Uji fungsi blok elemen pemanas bagian atas (E1), bagian kiri (E2), bagian bawah (E3) dan bagian kanan (E4) pasca modifikasi dengan sistem pengaturan tegangan (*Variac*).

Tegangan kerja, Volt AC	Waktu uji, menit	Arus kerja, Ampere			Suhu terukur pada <i>chamber</i> , °C	Laju panas, °C / menit
		Fase-R	Fase-S	Fase-T		
100	60	2,8	4,6	2,5	30	0,01
150	60	4,5	7,5	4,3	117	1,46
200	60	6,0	10,0	5,7	128	2,8
250	60	7,4	13,4	7,0	450	6,47
300	60	8,5	14,9	8,0	587	9,3
350	60	10,0	17,4	9,6	750	11,98
360	95	9,5	18,4	10,3	960	9,82
380	95	11,3	18,0	9,2	1004	10,25



Tabel 7. Hasil uji fungsi blok elemen pemanas bagian atas, bagian kiri, bagian bawah dan bagian kanan pasca modifikasi dengan tegangan kerja penuh.

No	Waktu uji, menit	Suhu <i>chamber</i> , °C	Laju panas, °C / menit	Arus kerja, Ampere		
				Fase-R	Fase-S	Fase-T
1	3	50	7,3	9,5	19,4	10,9
2	5	100	14,4	9,8	19,0	10,6
3	6	150	20,3	9,9	18,5	10,5
4	8	200	21,5	9,4	19,1	10,1
5	9	250	24,6	9,7	18,2	10,0
6	11	300	24,7	9,6	18,4	10,7
7	12	350	26,8	9,8	18,5	10,1
8	14	400	26,5	9,6	18,3	10,2
9	17	450	24,8	9,5	18,8	10,1
10	21	500	22,4	9,4	18,8	10,1
11	25	550	20,8	9,6	18,8	10,1
12	30	600	19,0	9,6	18,3	10,3
13	36	650	17,2	9,6	18,8	10,3
14	42	700	16,0	9,5	18,5	10,1
15	49	750	14,7	9,7	18,4	10,1
16	56	800	13,7	9,6	18,8	10,1
17	65	850	12,6	9,6	18,8	10,3
18	74	900	11,7	9,8	18,8	10,1
19	84	950	10,9	9,6	18,8	10,1
20	96	1000	10,1	9,6	18,5	10,1

Dari hasil uji fungsi blok elemen pemanas bagian atas (E1), bagian kiri (E2), bagian bawah (E3) dan bagian kanan (E4) pasca modifikasi dengan sistem pengaturan tegangan (*Variac*) ditunjukkan pada Tabel 6. Tegangan pengaturan untuk uji fungsi antara 100-350 Volt AC 3 fase dengan waktu uji 60 menit menghasilkan arus kerja pada fase R sebesar 2,8-11,3 Ampere, fase S antara 4,6-18,4 Ampere dan fase T sebesar 2,5-10,3 Ampere. Arus kerja pada fase R dan T relatif seimbang, sedangkan pada fase S mempunyai arus kerja lebih besar, karena jumlah elemen pemanas yang bekerja lebih banyak. Suhu yang dibangkitkan pada tegangan kerja 100-380 Volt selama waktu uji 60-95 menit menghasilkan suhu antara 30-1004 °C dengan laju panas sebesar 0,01-10,25 °C / menit. Uji fungsi dengan tegangan kerja secara bertahap untuk mengetahui konsumsi arus kerja optimum dan mengamankan kumparan hasil modifikasi sebelum bekerja pada tegangan penuh. Pemanasan secara mendadak pada tegangan kerja maksimal cenderung akan merusakkan elemen pemanas dan material lainnya. Pengaturan tegangan kerja secara bertahap dapat dilakukan dengan mengaplikasikan *variatic* 10 KVA dengan tegangan *input* 380 Volt 3 fase dan tegangan keluaran 0-380 Volt AC. Monitoring / kontroling suhu pada *chamber* menggunakan kontrol suhu digital dengan sensor suhu termokopel tipe K3. Hasil uji fungsi blok elemen pemanas bagian atas, bagian kiri, bagian

bawah dan bagian kanan pasca modifikasi dengan tegangan kerja penuh dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 7 menunjukkan hasil uji fungsi blok elemen pemanas bagian atas, bagian kiri, bagian bawah dan bagian kanan pasca modifikasi dengan tegangan kerja penuh. Uji fungsi menggunakan tegangan kerja antara 383-386 Volt AC dengan waktu uji antara 3-96 menit diperoleh suhu pada *chamber* sebesar 50-1000 °C dan dihasilkan laju panas sebesar 7,3-26,8 °C / menit. Bila diinginkan pengaturan laju panas dapat dilakukan dengan menambahkan sistem pengaturan secara elektronik. Arus kerja pada fase R sebesar 9,4-9,8 Ampere, fase S antara 18,2-19,4 Ampere dan arus pada fase T sebesar 10,1-10,9 Ampere. Arus kerja pada fase S relatif lebih besar dibandingkan fase R dan T, karena jumlah elemen pemanasnya lebih banyak. Dengan modifikasi elemen pemanas dapat menghasilkan suhu sampai 1000 °C dengan arus relatif lebih rendah yaitu 19,4 Ampere.

KESIMPULAN

Telah dilakukan modifikasi elemen pemanas blok pemanas bagian kiri (E2) dan bagian kanan (E4) dengan jumlah kumparan 1014 gulung hambatan total 10,8 Ohm dan panjang kawat total 31,8 meter. Elemen pemanas bagian bawah (E3) dibuat dengan jumlah kumparan 1740 gulungan hambatan total 20,4 Ohm dan panjang kawat total 54,60 meter. Dari hasil uji fungsi elemen pada blok



**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

pemanas E1, E2, E3 dan E4 unit kalsinasi dengan tegangan 150-380 Volt AC dengan waktu uji 0-94 menit diperoleh suhu 29-1004 °C dengan laju panas 0,01-10,37 °C / menit. Uji fungsi elemen pemanas dengan tegangan penuh 383-386 Volt selama waktu uji 3-96 menit diperoleh suhu 28-1000 °C diperoleh laju panas 7,3-26,8 °C / menit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Bpk Parimun dan Bpk V Bambang Suwondo atas segala bantuannya, hingga karya tulis ini dapat terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

1. HIDAYATI DKK, Proseding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir PTAPB-BATAN Yogyakarta 10 Juli 2006.
 2. NONAME, Operating Instructions Chamber Furnace Model KR E, With Electronics Controller.
 3. RAMELAN DKK, Listrik Dalam Praktek, Jilid 1, Cetakan ke 3, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
 4. NONAME, Instruction Manual Micro-controller X, Fuji Electric Systems Co, Ltd.
-

TANYA JAWAB

Sri Nitiswati (PTRKN)

- Berapa suhu maksimum unit kalsinasi ketika beroperasi? Kumparan elemen pemanas

bahannya apa dan tipenya apa? Apakah tipenya sudah memenuhi spesifikasi elemen pemanas unit kalsinasi? Menurut hemat kami, uji fungsi yang dilakukan dalam waktu 94 menit belum memenuhi, sebaiknya uji fungsi dilakukan minimal ± 3 hari.

Triyono

- ✧ *Suhu maksimal unit kalsinasi 1000°C, tetapi suhu tersebut masih dapat dinaikkan. Kumparan pemanas dibuat dari kawat nikelin dengan diameter 2 mm dengan panjang kawat total 117,2 meter. Tipenya sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Uji fungsi yang dilakukan baru untuk mencapai suhu optimal unit kalsinasi selama 94 menit dengan laju panas rerata 7,3-26,8°C/menit.*

Tri Harjanto

- Apakah modifikasi juga dilakukan pada dinding bata tahan apinya? Dan bagaimana homogenitas suhu pada setiap sudut ruangan, apakah sama?

Triyono

- ✧ *Modifikasi hanya dilakukan pada elemen pemanas pada blok elemen pemanas E2 (bagian kiri), E2 (elemen pemanas bagian bawah), dan E3 (elemen pemanas bagian kanan).*
- ✧ *Homogenitas suhu pada ruangan (chamber) cukup merata bila tidak diberi landasan bawah berupa besi tuang, tetapi menggunakan papan batu tahan api tebal 0,5 cm.*