

## INSTALASI DAN UJI FUNGSI KINERJA FURNACE INDUKSI MF-15 DENGAN COIL 1,48 $\mu$ H PADA UNIT PELAPISAN KERNEL $UO_2$

Triyono, Darmanto, Parimum

Pusat Sains dan Teknologi Akselerator – BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 ykbb Yogyakarta telp (0274)488435, E-mail ptapb@batan.go.id

### ABSTRAK

**INSTALASI DAN UJI FUNGSI KINERJA FURNACE INDUKSI MF-15 DENGAN COIL 1,48  $\mu$ H PADA UNIT PELAPISAN KERNEL  $UO_2$ .** Telah dilakukan instalasi dan uji fungsi kinerja furnace induksi MF-15 dengan coil 1,48  $\mu$ H pada unit pelapisan kernel  $UO_2$ . Kegiatan meliputi : instalasi furnace induksi MF-15, instalasi sistem pendingin secara sirkulasi menggunakan air bebas mineral, instalasi coil, instalasi pelindung radio frequency dan uji fungsi furnace induksi MF-15. Instalasi sistem pendingin secara sirkulasi menggunakan pompa air model Q2006 tahan karat untuk mensirkulasikan air bebas mineral pada drum plastik dengan volume 200-250 liter yang dilengkapi kran bypass pengatur debit aliran air ke furnace. Instalasi coil berkapasitas 1,48  $\mu$ H diameter luar 10,5 cm diameter dalam 9 cm 5 belitan. Instalasi pelindung radio frequency menggunakan ayaman kawat untuk menahan efek radio frequency ke operator dan instrumen pendukung. Uji fungsi dilakukan menggunakan gas argon untuk mengetahui unjuk kerja furnace induksi. Hasil uji fungsi furnace induksi MF-15 menunjukkan bahwa : furnace induksi MF-15 dapat bekerja optimal dengan arus input antara 2,0-4,5 Amper arus output 24-130 Amper dan diperoleh suhu antara 198-1550  $^{\circ}C$ . Waktu uji 0-92 menit diperoleh suhu 198-1550  $^{\circ}C$  dengan laju panas rerata antara 14,69-30,20  $^{\circ}C$ /menit.

**Kata Kunci :** Instalasi, uji fungsi, coil 1,48 $\mu$ H, unit pelapisan kernel  $UO_2$ .

### ABSTRACT

**PERFORMANCE OF INSTALLATION AND FUNCTION TEST WITH COIL 1.4  $\mu$ H ON INDUCTION FURNACE MF-15 OF KERNEL  $UO_2$  COATING UNIT.** Performance of induction furnace MF-15 with coil 1.48 $\mu$ H of kernel  $UO_2$  coating unit has been installed and function tested. The activity includes : induction furnace installation, cooling system installation circulation using mineral water free, coil installation protector of radio frequency installation and function induction furnace MF-15. The cooling system installation to circulation using water pump resist corrosion model Q2006 for to circulation mineral water free in the plastic drum volum 200-250 litres with bypass valve of water control flow to furnace. The coil installation capacity 1.48  $\mu$ H outside diameter 10.5 cm inside 9 cm with 5 coil. The protector of radio frequency installation using screen wire for protection radio frequency effect to operator or support component. The function test has been done use argon for understanding induction furnace performance. The result of function test induction furnace MF-15 show that : induction furnace MF-15 can operation optimal with input current between 2.0-4.5 Amperes output current 24-130 Amperes and get temperature between 198-1550  $^{\circ}C$ . Test time 0-92 minutes get temperature 198-1550  $^{\circ}C$  with rate velocity heating 14.69-30.20  $^{\circ}C$ /minutes.

**Keywords :** Installation, function test, coil 1.48  $\mu$ H, kernel  $UO_2$  coating unit.

### PENDAHULUAN

Dewasa ini telah dilakukan konstruksi dan penyempurnaan furnace induksi untuk membangkitkan panas pada reaktor fluidisasi unit pelapisan kernel  $UO_2$ . Alat ini akan dikembangkan lebih lanjut menjadi peralatan reaktor pelapisan kernel bahan bakar reaktor secara fluidisasi. Furnace yang digunakan model MF-15 yang berfungsi sebagai penyedia panas yang didasarkan adanya arus induksi yang terjadi pada bahan pemanas furnace. Furnace MF-15 adalah furnace 3 fase bertegangan 380 Volt dengan daya 15 KVA frekuensi 20 KHz

dari produk Zhejiang China. Proses pelapisan kernel  $UO_2$  memerlukan panas antara 1300-1550  $^{\circ}C$  yang terjadi dalam reaktor fluidisasi unit pelapisan kernel. Aliran listrik yang mengalir ke coil akan membangkitkan arus induksi dalam bahan magnetik, sehingga terjadi panas. Jarak penetrasi arus induksi akan tergantung dari sifat kemagnetan bahan dan frekuensi induksi. Dengan frekuensi yang sesuai, maka bahan bersifat magnet dapat dipanaskan oleh arus induksi dan memanaskan reaktor tempat kernel yang akan dilapis secara fluidisasi. Gas sebagai bahan pelapis yang masuk bersama dengan gas pembawa akan terdekomposisi menjadi pirokarbon,

silika karbida atau bahan lain yang diinginkan dan menempel pada kernel yang terfluidisasi dalam reaktor pelapisan<sup>(1)</sup>. Untuk mengoptimalkan kinerja *furnace* induksi MF-15 dilakukan beberapa instalasi komponen pendukung antara lain : instalasi sistem pendingin secara sirkulasi, instalasi *coil* dan instalasi pelindung *effek radio frequency*. *Furnace* induksi MF-15 diharapkan mampu membangkitkan panas yang diinginkan (1300-1550 °C)<sup>(2)</sup>.

Telah dilakukan instalasi sistem pendingin secara sirkulasi menggunakan air bebas mineral (ABM) yang ditampung dalam drum plastik dengan volume 200-250 liter yang disirkulasikan dengan pompa Q 2006 tahan karat dan dilengkapi kran *bypass* untuk pengaturan debit air ke *furnace*. Volume air ABM yang digunakan sebanyak 200-250 liter, diharapkan dapat disirkulasikan selama waktu operasi dan tidak mengalami panas berlebihan. Pendingin yang di sirkulasi, ditampung pada penampung non logam untuk mengurangi pengaruh *grounding*. Dengan terinstalasinya pendinginan secara sirkulasi, maka pengaruh *grounding* lebih kecil dan akan mengurangi pembebanan pada operasi *furnace*, sehingga arus listrik lebih optimal.

*Coil* yang digunakan berinduktan 1,48  $\mu\text{H}$  berhambatan 0,00438 Ohm dan dibuat dengan diameter dalam 9 cm diameter luar 10,5 cm tinggi 22,5 cm. Penggunaan *coil* 1,48  $\mu\text{H}$  disesuaikan konstruksi reaktor fluidisasi. Instalasi *coil* pada reaktor fluidisasi dengan jarak 2-5 mm terhadap dinding reaktor, sehingga arus induksi yang terjadi lebih optimal. Nilai *coil* diukur dengan menggunakan LCR meter merek Intek tipe LCR-800<sup>(3)</sup>.

Instalasi pelindung radio frekuensi berupa anyaman kawat yang terpasang melingkupi *coil* pada reaktor fluidisasi, sehingga bila ada efek *radio frequency* akan dikungkung, sehingga tidak berefek ke operator maupun komponen pendukung<sup>(4)</sup>.

Dengan mengaplikasikan monitor/kontrol suhu model TK4L-B4RN Autonics perubahan suhu pada ruang reaktor dapat dimonitor dan dikontrol secara jelas<sup>(5)</sup>. Untuk mengetahui perubahan panas yang terjadi dalam reaktor terpasang sensor suhu tipe B yang mempunyai daerah operasi 0-1700 °C<sup>(6)</sup>. Pengendali suhu TK4L-B4RN membentuk kalang tertutup dan menghasilkan kerja otomatis secara *on-off* selama periode waktu operasi. Prinsip dasar pengendalian pada suatu proses adalah mengatur sesuatu yang dapat mempengaruhi nilai tertentu, agar nilai tersebut terjaga kestabilannya dan nilai ini sering disebut dengan nilai referensi atau *setpoint*. Dalam sistem pengendalian suhu pada *furnace*, parameter yang biasa diatur adalah tegangan atau arus listrik ke *coil*, agar suhu tetap stabil pada *setpoint* yang ditentukan<sup>(7)</sup>.

Dilakukan instalasi *furnace* induksi dengan *coil* 1,48  $\mu\text{H}$  diharapkan diperoleh suhu sesuai yang dikehendaki pada proses pelapisan kernel  $\text{UO}_2$ .

## TATA KERJA

### Bahan

Bahan yang diperlukan dalam instalasi dan uji fungsi *furnace* induksi yaitu : *coil* dari bahan tembaga induktan 1,48  $\mu\text{H}$ , kawat *screen*, pompa air model Q 2006, drum plastic 250 liter, pipa pralon, *elbow* dan kran.

### Peralatan

Peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan instalasi dan uji fungsi *furnace* induksi antara lain : tang ampermeter digital kew snap 2055, digital multimeter Sanwa CD 800 a, LCR meter, toolsets, peralatan mekanik, frequency counter FC-2500A.

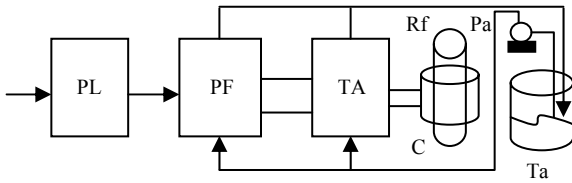
### Metode Penelitian

Untuk melaksanakan instalasi dan uji fungsi kinerja *furnace* induksi pada unit pelapisan kernel  $\text{UO}_2$  dilakukan dengan langkah sebagai berikut: Dipelajari sistem *wiring* dan dilakukan instalasi *furnace* induksi MF-15 dengan tegangan 380 Volt AC 3 fase ke panel kontrol. Diinstalasi sistem pendingin menggunakan bahan berupa: pompa air model Q2006 dengan spesifikasi tegangan 230 Volt daya 200 Watt kasing plastik *total head* 5 meter debit maksimal 3600 liter/jam, penampung air bebas mineral berupa drum plastik dengan volume maksimal 250 liter, kran plastik sebagai *bypass* mengatur debit aliran air pendingin ke *furnace*, pipa pralon PVA (3/4 " dan 1 " ), *sock* tanpa drat 3/4" dan 1 " ), lem pralon, selang plastic 1/4 " , monitor suhu digital model TK4L-B4RN.

Pembuatan dan instalasi *coil* dengan spesifikasi : induktansi 1,48  $\mu\text{H}$ , hambatan 0,00438. Instalasi pelindung *radio frequency* berupa kawat *screen* yang terpasang melingkupi *coil* pada reaktor fluidisasi. Dilakukan uji fungsi *furnace* induksi MF-15 dengan arus *input* secara bertahap secara bertahap.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

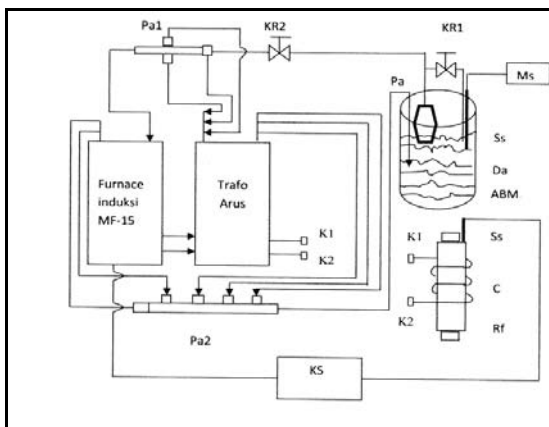
Telah dilakukan instalasi dan uji fungsi kinerja *furnace* induksi MF-15 dengan *coil* 1,48  $\mu\text{H}$  pada unit pelapisan kernel  $\text{UO}_2$ . *Furnace* induksi MF-15 merupakan *furnace* 3 fase bertegangan 380 Volt AC dengan daya 15 KVA yang dilengkapi dengan pendinginan secara sirkulasi pada pembangkit Frekuensi, trafo arus dan *coil*. Blok diagram instalasi *furnace* induksi MF-15 dapat dilihat pada Gambar 1.



No	Kode	Keterangan
1	PL	Panel listrik 3 fase 380 Volt 40 Amper unit pelapisan.
2	PF	Pembangkit frekuensi pada <i>furnace</i> induksi 20 KHz.
3	TA	<i>Trasformator</i>
4	Rf	Reaktor fluidisasi dari alumina
5	Pa	Pompa air Q2006
6	C	<i>Coil</i> 1,4 $\mu$ H
7	Ta	Tangki air 200-250 liter

Gambar 1. Blok diagram instalasi *furnace* induksi MF-15 unit pelapisan kernel  $UO_2$

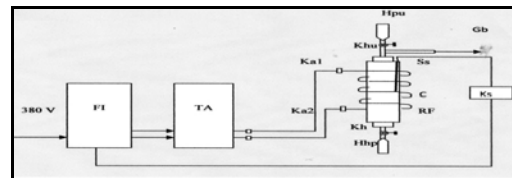
Panel listrik (PL) dilengkapi dengan pengaman berupa *earth leakage circuit breaker (ELCB)* bertegangan 400 Volt AC dengan kemampuan arus maksimum 40 Amper dan pengaman arus bocor maksimum 30 mAmpere. Jika terjadi kebocoran arus sampai 30 mAmpere instalasi kelistrikan *furnace* induksi, maka ELCB akan *trip (off)*<sup>(8)</sup>. *Furnace* induksi bertegangan 380 Volt AC 3 fase terdiri dari pembangkit frekuensi (PF) dan *transformator* (TA) untuk memberikan arus ke *coil* pada reaktor fluidisasi (Rf). Dalam operasinya diperlukan pendingin berupa air bebas mineral (ABM) yang disirkulasikan dengan pompa air dengan tangki plastik volume 200-250 liter. Blok diagram instalasi sistem pendingin pada *furnace* induksi MF-15 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram instalasi sistem pendingin pada *furnace* induksi MF-15.

No	Kode	Keterangan
1	KR1	Kran <i>bypass</i> pengatur debit aliran
2	KR2	Kran ke pembagi air pendingin
3	Pa	Pompa air Q2006
4	Pa1	Pembagi air masuk
5	Pa2	Pembagi air keluar
6	Ss1	Sensor suhu K1
7	Da	Drum plastik 200-250 liter
8	ABM	Air bebas mineral
9	C	<i>Coil</i> berinduktansi 1,4 $\mu$ H
10	Rf	Reaktor fluidisasi
11	K1	Konduktor 1
12	K2	Konduktor 2
13	Ms	Monitor suhu TK4L-B4RN
14	Ks	Kontrol suhu TK4L-B4RN

Sistem pendingin mempunyai peranan penting pada *furnace* induksi MF-15, karena berfungsi untuk mendinginkan bagian pembangkit frekuensi maupun *transformator* serta *coil* yang terbuat dari bahan tembaga. Air pendingin menggunakan air bebas mineral yang disirkulasikan dimaksudkan agar pipa tembaga tidak terkorosi oleh unsur logam pada air pendingin. Kelebihan sistem pendingin secara sirkulasi yaitu penggunaan air pendingin lebih efektif dan ekonomis. Air pendingin dimonitor oleh monitor suhu digital TK4L-B4RN, sehingga kenaikan suhu dapat dilihat secara jelas. Blok diagram instalasi *coil* pada reaktor fluidisasi unit pelapisan kernel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram instalasi *coil* pada unit Pelapisan kernel.

No	Kode	Keterangan
1	Hpu	<i>Hopper</i> umpan
2	Khu	Kran <i>hopper</i> umpan
3	Gb	Gas buang
4	Ss	Sensor suhu tipe B
5	Rf	Reaktor fluidisasi
6	C	<i>Coil</i> berinduksi 1,48 $\mu$ H
7	Ks	Kontrol suhu TK4L-B4RN Autonics
8	Ka1	Konduktor arus 1
9	Ka2	Konduktor arus 2
10	Kh	Kran hasil
11	Hhp	<i>Hopper</i> hasil proses
12	F1	<i>Furnace</i> induksi daya 15 KVA
13	TA	<i>Transformator</i>

*Coil* yang terinstal mempunyai spesifikasi : induktansi 1,48  $\mu$ H hambatan 0,00438 dengan faktor koreksi 1,9 dan jumlah belitan 5, diameter dalam 9 cm diameter luar 10,5 cm. *Coil* terinstal pada reaktor fluidisasi dengan jarak 2-5mm pada reaktor dari bahan alumina. Arus listrik yang mengalir ke *coil* pada reaktor dari bahan alumina yang didalamnya ditempatkan grafit berbentuk tirus untuk memfluidisasi kernel  $UO_2$  dan sekaligus untuk membangkitkan panas akibat efek medan magnet dari arus induksi. Jarak penetrasi arus induksi yang terjadi tergantung dari sifat kemagnetan bahan grafit dan frekuensi induksi. Pada *coil* tipe *solenoid* perhitungan frekuensi dapat menggunakan pers (1).

$$F = 34.6 \frac{f}{Am.h} \text{ Hz}$$

F = Frekuensi optimal (Hz)

f = Resistivitas listrik dari logam yang dipanaskan ( $\mu\Omega \cdot \text{in}$ ).

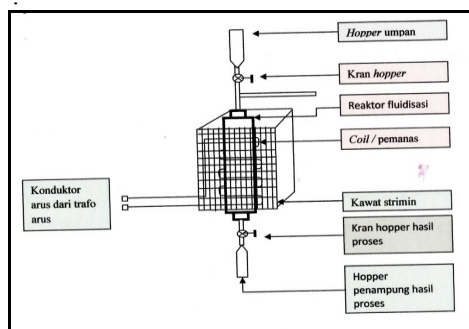
Am = Diameter rerata

Am = (Tube OD-h) (in)

OD = Outside diameter

h = Ketebalan dinding (in).

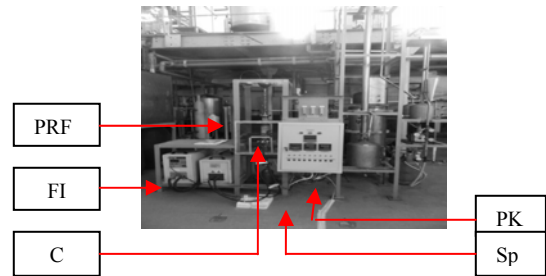
Penggunaan bahan grafit mempunyai resistivitas listrik sebesar 14,000  $\mu\Omega \cdot \text{in}$  m sehingga arus induksi yang terjadi pada *coil* mampu membangkitkan panas pada reaktor fluidisasi untuk proses pelapisan kernel  $UO_2$ . Dengan frekuensi *furnace* 20 KHz dan *coil* 1,48  $\mu$ H serta bahan pemanas grafit hanya diperoleh suhu optimum 1550  $^{\circ}\text{C}$ , karena penetrasi arus induksi telah optimum. Radiasi RF punya kemampuan untuk memanaskan jaringan tubuh dan radiasi tersebut dapat merusak jaringan tubuh, karena jaringan tubuh tidak diperlengkapi untuk mengantisipasi sejumlah panas berlebih akibat radiasi RF (4). Instalasi pelindung RF kawat *screen* pada lingkup reaktor fluidisasi unit pelapisan kernel  $UO_2$  dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Instalasi pelindung RF kawat *screen* pada lingkup reaktor fluidisasi unit pelapisan kernel  $UO_2$ .

Bahan pelindung yang dipakai untuk mengungkung *coil* berupa kawat *screen* yang terpasang melingkupi

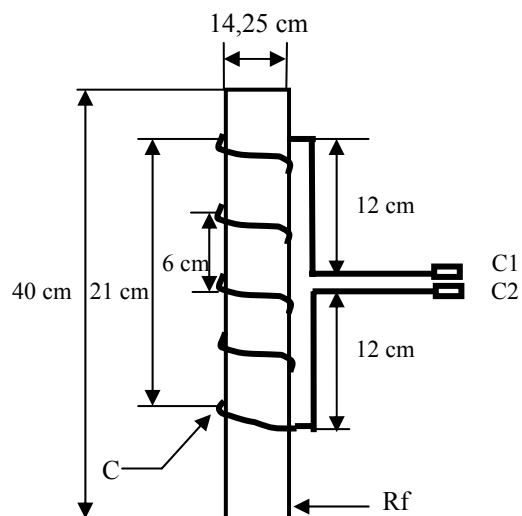
reaktor fluidisasi. Instalasi *furnace* induksi MF-15 dengan *coil* 1,48  $\mu$ H pada unit pelapisan kernel  $UO_2$  dapat dilihat pada Gambar 5.



No	Kode	Keterangan
1	PRF	Pelindung radio frequency
2	FI	Furnace induksi MF-15
3	C	Coil berkapasitansi 1,4 $\mu$ H
4	PK	Panel kontrol 380 Volt 40 A
5	Sp	S.istem pendingin secara sirkulasi dengan pompa air

Gambar 4. Instalasi *furnace* induksi MF-15 dengan *coil* 1,48  $\mu$ H pada unit pelapisan kernel  $UO_2$ .

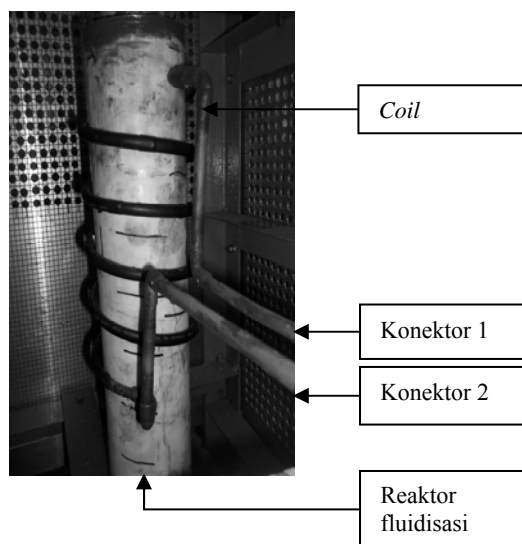
*Coil* dibuat dari bahan tembaga dengan diameter luar pipa 8 mm dan panjang total 237 cm. Gambar teknik *coil* pada reaktor fluidisasi unit pelapisan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Gambar teknik *coil* pada reaktor fluidisasi unit pelapisan.

No	Kode	Keterangan
1	Rf	Reaktor fluidisasi dari bahan alumina tinggi 40 cm, diameter luar 14,25 cm.
2	C	Coil dengan induktansi 1,48 $\mu$ H, hambatan 0,00438 Ohm, factor ratio 1,9 diameter luar 10,5 cm, tinggi 22,5 cm.
3	C1	Konektor 1 ke sumber arus
4	C2	Konektor 2 ke sumber arus





Gambar 6. Bentuk fisik *coil* pada reaktor fluidisasi.

Jumlah belitan pada *coil* sebanyak 5 buah dimasukkan ke reaktor fluidisasi dengan jarak antara *coil* dan dinding luar reaktor 5 mm. Hubungan antara variable arus kerja terhadap suhu pada ruang reaktor fluidisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara variable arus kerja terhadap suhu pada ruang reaktor fluidisasi.

Waktu uji, menit	Arus kerja, A		Suhu proses, °C	
	Arus Input	Arus Output	Ruang Reaktor	Laju panas rerata, °C/menit
0	2,0	24	198	0
10	2,1	35	500	30,2
13	2,2	49	541	26,38
15	2,2	56	600	26,80
20	2,2	57	700	25,10
26	3,1	74	800	23,15
32	3,1	74	900	21,93
39	3,1	74	1003	20,64
40	3,8	98	1046	21,20
46	3,8	98	1100	19,60
53	4,0	108	1164	21,0
57	4,1	118	1200	17,57
66	4,1	118	1300	16,69
75	4,1	118	1400	16,02
87	4,2	119	1500	14,96
89	4,5	130	1526	14,92
92	4,5	130	1550	14,69

Variabel arus kerja pada *Furnace* induksi MF-15 dengan *coil* 1,48  $\mu\text{H}$  dapat membangkitkan panas pada ruang reaktor dengan suhu antara 198-1550 °C dengan waktu uji 0-92 menit dan diperoleh laju panas rerata pada ruang reaktor (tempat cuplikan) antara

14,69-30,20 °C/menit. Laju panas rerata tertinggi pada ruang reaktor sebesar 30,2 °C/menit terjadi pada suhu 500 °C dengan waktu uji 10 menit. Sedangkan laju panas rerata terendah terjadi pada suhu 1550 °C dengan waktu uji 92 menit diperoleh laju panas rerata 14,69 °C/menit. Laju panas rerata dipengaruhi oleh besarnya aliran arus ke *coil* dan waktu operasi. Arus kerja *input* yang diperlukan antara 2,0-4,5 Amper dan arus kerja *output* sebesar 24-130 Amper. Perbandingan suhu proses pada ruang reaktor, dinding reaktor, gas keluar dan air pendingin dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan suhu proses pada ruang reaktor, dinding reaktor, gas keluar dan air pendingin.

Waktu uji, menit	Suhu proses, °C			
	Ruang Reaktor	Dinding Reaktor	Gas buang	Air pendingin
0	198	28	28	30
10	500	28	28	31
13	541	28	28	31
15	600	28	28	31
20	700	29	28	32
26	800	29	29	33
32	900	30	29	34
39	1003	33	29	35
40	1046	34	29	36
46	1100	34	29	36
53	1164	38	29	38
57	1200	39	29	38
66	1300	41	30	40
75	1400	43	30	42
87	1500	45	30	45
89	1526	45	30	45
92	1550	52	31	46

Dari hasil uji fungsi *furnace* induksi MF-15 dapat dilihat perbandingan perkembangan suhu proses pada ruang reaktor terhadap suhu dinding reaktor, suhu gas keluar dan suhu pada air pendingin melalui kontrol/monitor suhu digital TK4L-B4RN pada panel kontrol. Waktu operasi antara 0-92 menit diperoleh suhu ruang reaktor (tempat cuplikan) sebesar 198-1550 °C, suhu dinding reaktor 28-52 °C, suhu gas keluar 28-31 °C dan suhu air pendingin 30-46 °C. Dari perkembangan suhu proses tersebut *furnace* induksi dapat beroperasi secara aman untuk proses pelapisan kernel  $\text{UO}_2$ .

Besarnya usaha listrik dapat diketahui dengan rumus :

$$A = V \times I \times (t \times 60) \text{ Joule.}$$

$A = 4,5 \times 380 \times (92 \times 60) = 9439200 \text{ Joule.}$  Jumlah kalor yang dilepas oleh *furnace* selama 92 menit

sebesar=  $9439200 \times 0,24$  Kalori= 2265408 Kalori atau 2265,408 Kkalori.

Jumlah kalor maksimum yang diterima oleh reaktor pelapisan tiap detik =  $2265,408 / (92 \times 60) = 0,4104$  Kkalori/detik atau 410,4 Kalori. Jadi panas maksimum yang berguna  $410,4$  Kalori/detik =  $410,4 \times 4,18$  Watt = 1715,472 Watt setara dengan suhu  $1550$  °C. Arus primer menghasilkan daya sebesar 1715,472 Watt menghasilkan kalor 2265,408 Kkalori setara dengan suhu  $1550$  °C.

## KESIMPULAN

Telah dilakukan instalasi dan uji fungsi kinerja *furnace* induksi MF-15 dengan *coil* 1,48  $\mu$ H pada unit pelapisan kernel  $UO_2$  dan dapat disimpulkan sebagai berikut: *furnace* induksi telah terinstal beserta perangkat utama dan pendukungnya meliputi : *coil* berinduksi 1,48  $\mu$ H dengan 5 kumparan, sistem pendingin dengan pompa air model Q2006 dan kawat *screen* pelindung RF. Uji fungsi menunjukkan *furnace* dapat bekerja dengan baik pada arus *input* 2,0-4,5 Amper dan arus *output* 24-134 Amper. Waktu uji 0-92 menit diperoleh suhu antara 198-1550 °C dengan laju panas sebesar 14,69-30,20 °C/menit.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Bambang Pratikno, Bapak Bambang Suwondo, Bpk Dwi Mulyanto dan Bapak Sugiyanto atas segala bantuannya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Valery Rusney, Don Loveless, Micah Black, Hand Book Of Induction Heating, New York. Copyright 2003.
2. Anoname, Yongkang Yuelon Electronic Equipment Co, Ltd zhejiang, China.
3. Anoname, LCR-800 Series User Manual, Intek Taiwan.
4. Anoname, Word Press. Com Weblog.
5. Triyono, Instalasi Sistem Pengendalian Suhu Furnace Induksi MF-15 Unit Pelapisan Kernel  $UO_2$ , Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir PTAPB-BATAN Yogyakarta, 26 Juni 2013.
6. Anoname, The Temperature Hand Book, An Omega Technologies Company, Volume 28, USA.

7. Abdul Wahid, Ir,MT, Pengantar Pengendalian Proses, Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok 2007.
8. Triyono, Supardjono Mudjiman, Nur Hidayat Supriyanto, Pembuatan Panel Sumber Tegangan 380/220 Volt Arus 63 Amper Keluaran Relay AC Pada Unit Pelapisan Kernel  $UO_2$ , Prosiding Seminar Penelitian Dan Pengelolaan Perangkat Nuklir PTAPB- BATAN, Yogyakarta, 11 September 2013.

## TANYA JAWAB

### Darmanto

- Berapa suhu yang diharapkan, suhu optimal yang dicapai?
- Apakah ada perbedaan yang signifikan menggunakan air pendingin biasa dibanding dengan air bebas mineral?

### Triyono

- Suhu yang diharapkan untuk operasi *furnace* induksi MF-15 pada reaktor fluidisasi unit pelapisan antara  $1350 - 1550$  °C.
- Perbedaan penggunaan air biasa dibanding air bebas mineral. Penggunaan air biasa cenderung menimbulkan korosi pada pipa pendingin *furnace* induksi, sehingga akan mempercepat penyumbatan pipa, penggunaan air bebas mineral lebih baik, karena mengurangi kecepatan korosi pada pipa pendingin *furnace* induksi.

### M. Rosyid

- Apakah air bebas mineral merupakan requirement dari operasi tungku induksi ? Berapa ppm batas maksimumnya ? Berapa komposisi air bebas mineral yang digunakan?
- Alat apa yang digunakan laju aliran air?

### Triyono

- Air bebas mineral merupakan pilihan yang terbaik bukan persyaratan, karena ABM dapat mengurangi timbulnya korosi pada pipa pendingin *furnace* induksi MF-15. Batas maksimum ABM yang digunakan 5 mSiemen.
- Kecepatan aliran air pendingin diketahui dengan rate meter analog.