

## REKAYASA ISOLATOR PANAS PERALATAN UJI SAMPEL PASIR ZIRKON

*Tukiman*

Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir -SATAN

### ABSTRAK

REKAYASA ISOLATOR PANAS PERALATAN UJI SAMPEL PASIR ZIRKON, Telah dibuat isolator panas peralatan uji sampel pasir zirkon dalam bentuk padat dari bahan campuran batu tahan api, tanah liat dan silikat yang dibentuk menjadi agregat dengan perbandingan volume 1 : 1 : 0.2. Isolator dibagian luarnya ditambahkan lapisan glass wol setebal 150 mm dan serat asbes, yang berfungsi untuk pengungkung panas dan mengurangi perpindahan panas yang terjadi pada waktu operasi. Keberadaan peralatan tungku pemanas sebagai peralatan utama dalam penelitian ini, digunakan untuk pemanasan sampel hingga suhu 1000°C. Metode pembuatan agregat menjadi isolator dilakukan dengan cara mendinginkan agregat, dan memanaskan pada suhu 300 °C konstan selama 6 jam. Dari hasil percobaan yang dilakukan selama 8 jam pemanasan terus menerus isolator pemanas dapat berfungsi dengan baik.

Kata kunci: Isolator padat, tungku pemanas.

### ABSTRACT

HEATER ISOLATOR ENGINEERING ON TEST EQUIPMENT OF ZIRCON-SAND SAMPLE. A heater isolator for a test equipment of solid zircon -sand, which is made by an aggregate of refractory brick, clay, and silicate with volume composition 1 : 1 : 0.2 respectively, was made. The Isolator has been made by heating the aggregate at 300 °C constant temperature for six hours. A layer of glass-wall with 150 mm thickness and asbestos-fiber are provided at the outside of the isolator to isolate the heat produced by the furnace filament. The operation temperature of the furnace will be 1000 °C. From the experiment conducted at 8 hours of furnace operation shows that the isolator works properly.

Keyword: Solid isolator, electric furnace

### PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir dalam industri dan energi menyebabkan makin bertambahnya permintaan bahan komponen dan perangkat nuklir sebagai salah satu kebutuhan dalam pembuatan peralatan/prototip perangkat nuklir. Di laboratorium Bidang Teknologi proses PTAPB BATAN telah dilakukan penelitian dan pembuatan logam zirkonium, yang banyak manfaatnya dalam industri dan energi nuklir. Salah satu kegunaan logam zirkonium dalam industri adalah untuk pembuatan tabung tekan dan pipa. Dalam industri nuklir banyak digunakan sebagai bahan

struktur pada pembuatan kelongsong bahan bakar nuklir, logam zirkonium mempunyai banyak kelebihan dan keunggulan diantaranya adalah : mempunyai ketahanan korosi yang tinggi, baik di lingkungan asam dan basa, titik lebur yang tinggi, ringan dan mudah dibentuk. Juga mempunyai tampang lintang serapan neutron yang rendah<sup>1)</sup>. Pada pembuatan logam zirkon dari pasir zirkon dapat dilakukan melalui 3 (tiga) tahapan proses yaitu :

1. Mengubah bahan pasir zirkon yang berada dalam mineral dalam bentuk senyawa  $ZrO_2$  atau  $ZrSiO_4$  yang sukar larut, diubah menjadi bahan yang mudah larut.

2. Pemurnian/pemisahan zirkon dari pengotor, terutama hafnium.
3. Pembuatan logam zirkon.

Keberadaan peralatan tungku pemanas sebagai peralatan yang penting dan utama dalam penelitian ini. Panas yang dihasilkan dari tungku diperlukan untuk memecah ikatan antara zirkonium dengan oksigen dengan menggunakan karbon pada suhu tinggi, yang memerlukan suhu antara 900°C-1100° C. Perekrayaan isolator pemanas, selanjutnya disebut isolator dilakukan karena peralatan pemanas sering mengalami kerusakan, dan di desain ulang mulai dari pembuatan pemanas sampai dengan isolasi pemanasnya.

## DASAR TEORI

Peralatan tungku pemanas terdiri dari :  
Selongsong keramik sebagai reaktor tempat pengujian sampel, kawat nikelin sebagai pemanas, Isolator panas, termokopel dan regulator tegangan. Kawat pemanas dan isolator pemanas sangat berperan dalam sistem peralatan ini. Masing-masing mempunyai fungsi yang bertolak belakang, tetapi menjadi satu kesatuan sistem peralatan yang diinginkan.

Pada pemanas terjadi Perpindahan panas dengan beberapa cara, yaitu : secara konduksi atau melewati suatu hantaran, konveksi dan radiasi. Perpindahan panas terjadi karena molekul-molekul suatu bahan saling berbenturan. Energi panas yang dihasilkan saling meneruskan sehingga panasnya menjadi maksimal.

Zat cair dan gas tidak dapat menghantarkan panas dengan baik. Perpindahan panas lewat zat cair dan gas terutama terjadi karena konveksi. Zat cair dan gas yang panas mempunyai massa lebih ringan sehingga akan mengalir ke permukaan, dan secara alami akan bergerak keatas. Perpindahan panas juga bisa terjadi secara radiasi. Perpindahan

panas secara radiasi yaitu berupa pancaran gelombang-gelombang elektromagnetik, dan bisa berlangsung dalam ruang hampa udara. Jumlah energi panas yang dipancarkan oleh suatu benda antara lain tergantung pada sifat permukaannya<sup>21</sup>.

Keseimbangan panas pada alat pemanas listrik akan terus meningkat sampai terjadi keseimbangan antara energi listrik P yang diterima dan arus panas Q yang diserahkan oleh kawat pemanas. Dalam keadaan normal suhu akhir ini adalah suhu kerja kawat pemanas tersebut. Jadi dalam keadaan seimbang berlaku :

$$P = Q \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

P = Energi listrik dalam satuan Watt

Q = Arus panas dalam satuan J/s.

$$Q = A \alpha t_v.$$

Maka

$$t_v = \frac{P}{A\alpha} \dots\dots^\circ C \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

$t_v$  = Perbedaan suhu antara permukaan kawat pemanas dan suhu sekelilingnya.

A = Luas permukaan luar kawat pemanas dalam m<sup>2</sup>.

$\alpha$  = Koefisien pindahan panas J/ m<sup>2</sup>s°C

Untuk mengurangi perpindahan panas yang terjadi baik secara konduksi, konveksi dan radiasi maka perlu dipasang suatu isolasi panas (*Isolator*) yang dapat berfungsi untuk mengurangi perpindahan panas.

Isolasi panas biasanya terbuat dari bahan-bahan yang tidak menghantarkan listrik, disamping sebagai isolasi panas juga sebagai isolator listrik. Bahan isolasi pemanas ini tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan bahan kawatnya pada suhu penggunaan. Syarat ini penting terutama untuk bahan – bahan isolasi keramik. Bahan isolasi pemanas dari keramik yang digunakan antara lain adalah porselen, tetapi pada suhu lebih kurang 300°C bahan ini berubah menjadi penghantar<sup>21</sup>.

Isolator padat dalam bentuk agregat, yaitu termasuk bahan komposit

merupakan campuran antara semen (*Silikat*), air dan butiran pasir halus, butiran batu tahan api. Dalam struktur beton yang telah mengeras, campuran antara semen sebagai pengikat, air dan butiran batu tahan api, dapat mengeras yang disebut *mortar*, sebagai akibat adanya reaksi hidrasi antara semen dengan air. Semen mempunyai peranan sebagai bahan pengikat *hidrolik* yang tergantung dari *kohesi* dan *adesi* atau kekuatan ikat antara *matrik* dan *mortar*, batu tahan api dan pasir halus sebagai bahan *isolator* padat dan pengisi yang sekaligus sebagai penguat *isolator* yang berbentuk *agregat*. Pengeringan secara alami yang berlangsung lama dapat memperkuat daya ikat antara *matrik* dan *mortar* dalam agregat tersebut<sup>31</sup>.

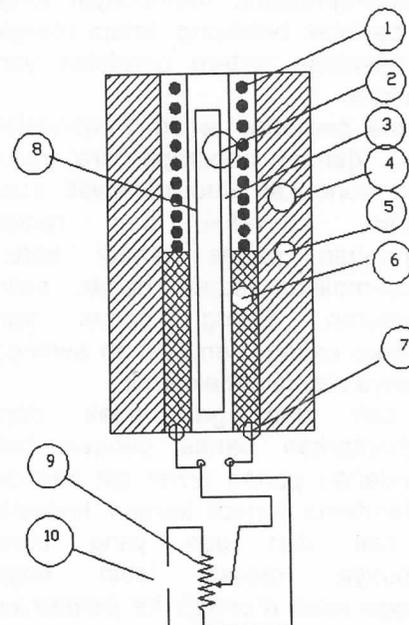
### TATA KERJA

Tungku pemanas untuk pembuatan logam zirkon dengan teknik pemanasan proses kering adalah sebagai pilihan, karena prosesnya lebih pendek daripada dengan proses basah. Pada proses ini diperlukan peralatan pemanas sampai pada suhu 1000° C. Dalam rekayasa isolator pemanas ini diperlukan persyaratan teknis agar isolator mampu menahan panas yang telah ditentukan 1000° C, salah satunya dengan menggunakan campuran : tanah liat, batu tahan api, sedikit pasir dan silikat yang terbentuk menjadi agregat, yang bila dipanaskan tidak menjadi *higroskopis* atau kehilangan fungsi dari *isolator* menjadi *konduktor* yang disebabkan kehilangan sebagian kandungan air karena proses pemanasan yang terus – menerus.

Proses pengeringan *isolator* padat dilakukan cara alami yaitu dengan mendinginkan *agregat* sampai mengeras dan menjadi beton. Karena dalam beberapa kali percobaan, bila pengeringan *isolator* dilakukan secara paksa yaitu dengan pemanasan langsung, hasilnya *agregat* akan mudah lepas dan kekuatan ikatnya menjadi lemah. Dalam rekayasa ini prosentasi perbandingan volume campurannya adalah : Tanah liat, batu tahan api dan

silikat adalah : 1 : 1: 0,2. Angka ini adalah perbandingan yang dianggap paling optimal dari beberapa kali hasil percobaan dengan beberapa variasi.

Perekayasa isolator pemanas untuk peralatan proses uji sampel yang memerlukan suhu hingga mencapai 1000°C, diperlukan persyaratan desain bahan isolasi yang tahan suhu tinggi, antara 900°C – 1000°C adalah bahan-bahan yang bila dipanaskan pada suhu tinggi tidak menjadi *higroskopis* atau kehilangan fungsi dari *isolator* menjadi *konduktor*, salah satunya dengan menggunakan *isolator* padat dalam bentuk agregat yang dapat menahan kawat pijar nikelin dan tidak kehilangan fungsi *isolator*nya pada suhu tinggi. Proses pengeringan *isolator* padat yang berbentuk *agregat* dilakukan dengan proses alami dengan mendinginkan agregat tersebut sedemikian rupa sehingga menjadi mengeras seperti beton. *Isolator* lapis kedua digunakan glass wol setebal 150 mm secara melingkar dan ditutup dengan lembaran serat asbes, Untuk proses pengeringan agregat juga dilakukan proses pemanasan hingga mencapai suhu 300°C selama 6 jam. Seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar. 1. Pemanas

Keterangan Gambar.

1. Kawat Nikelin
2. Termokopel di dalam selongsong
3. Selongsong keramik
4. Termokopel di luar selongsong
5. Isolator panas dari Glasswool
6. Isolator padat (agregat)
7. Terminal listrik
8. Gelas Pyrek tempat sampel
9. Regulator tegangan
10. Jala-jala listrik

Pengujian kedua dilakukan untuk mengetahui karakteristik pemanas dan perbedaan panas yang terjadi di dalam selongsong keramik dan di luar selongsong keramik, dengan menempatkan 2 (dua) buah termokopel dan alat ukur suhu yang terpisah dari sistem pemanasnya.

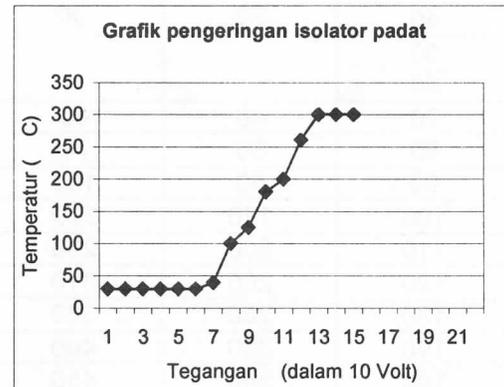
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan *isolator* padat untuk peralatan tungku pemanas dengan proses pengeringan seperti terlihat pada tabel.1 dan gambar 2. berikut :

Tabel 1. Proses Pengujian Pengeringan Isolator padat

Tegangan (Volt)	Waktu $\Delta t$ (menit)	Temperatur ( $^{\circ}C$ )
0	0	30
10	5	30
20	5	30
30	5	30
40	5	30
50	5	30
60	5	30
70	5	30
80	5	100
90	5	125
100	5	180
110	5	200
120	5	260
120	60	300
120	60	300
120	60	300
120	60	300
120	60	300

Keterangan : pengujian dilakukan selama 6 jam terus menerus, dengan menggunakan regulator tegangan setelah suhu mencapai  $30^{\circ}C$ , panas dipertahankan.



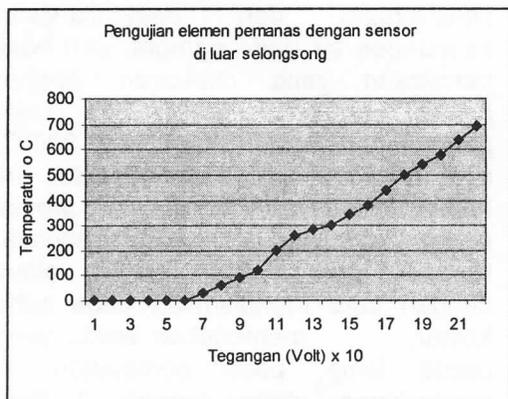
Gambar 2. Grafik pengujian pengeringan isolator padat.

Dari tabel 1. dan gambar.2 diatas, pemanasan dipertahankan pada suhu  $300^{\circ}C$ , bertujuan untuk proses pengeringan dan menghilangkan kandungan air pada agregat, dari hasil percobaan yang dilakukan dengan panas yang bervariasi, bila suhu pengeringan lebih tinggi dari  $300^{\circ}C$ , agregat retak dan mengelupas. Ini hanya berlaku untuk proses pengeringan agregat dan paduannya. Proses pengeringan secara alami dengan cara mendinginkan pada suhu kamar, memerlukan waktu yang cukup lama, pada pembuatan ini pengeringan alami selama 7 hari. Peralatan uji sampel harus terselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan jadwalnya.

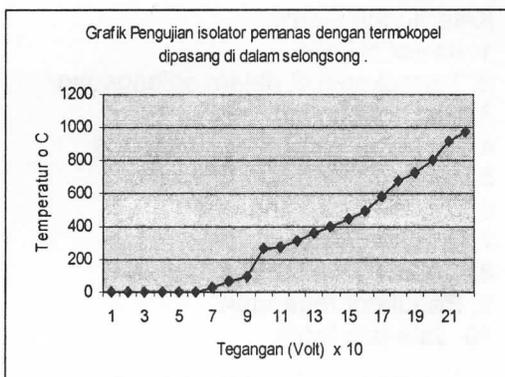
Dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik pemanas dan perbedaan temperatur di dalam selongsong dan di luar selongsong keramik. Seperti terlihat pada tabel 2. gambar. 3 dan gambar 4, berikut.

Tabel 2. Pengujian isolator pemanas dengan 2 buah termokopel yang diletakkan di dalam selongsong keramik dan di luar selongsong.

Tegangan (Volt)	Temperatur di luar (° C)	Temperatur di dalam (° C)
10	30	30
20		
30		
40		
50		
60		
70	40	40
80	60	70
90	90	100
100	120	270
110	200	280
120	260	310
130	280	360
140	300	400
150	340	450
160	380	500
170	440	580
180	500	680
190	540	720
200	580	800
210	640	910
220	690	970



Gambar 3. Grafik pengujian Isolator pemanas dengan sensor termokopel di luar selongsong keramik.



Gambar 4. Grafik pengujian Isolator pemanas dengan sensor termokopel di dalam selongsong keramik.

Dari hasil pengujian isolator padat seperti terlihat pada tabel 2. gambar 3 dan gambar 4, di atas, terjadi perbedaan panas ( $\Delta Q$ ) antara di dalam selongsong keramik dan di luar selongsong keramik. Perbedaan tersebut diakibatkan adanya isolator padat yang berfungsi untuk mengurangi perpindahan panas. Fungsi ke dua sebagai penguat kawat pijar nikelin agar tetap menempel kuat pada selongsong keramik.

Dilakukan percobaan dengan meletakkan sensor termokopel di luar isolator padat yang terbuat dari glasswool dan lembaran asbes, hasilnya tidak terukur oleh alat ukur, bisa disebabkan karena panasnya sudah sama dengan temperatur kamar. Dengan demikian isolator dapat berfungsi dengan baik.

## KESIMPULAN

Dari beberapa kali hasil percobaan, peralatan pemanas telah memenuhi persyaratan teknis untuk pemanasan sampel hingga mencapai suhu 1000° C. sebagai berikut :

1. Isolator berfungsi dengan baik, sebagai isolator panas juga penguat kawat nikelin.
2. Perbedaan panas yang terjadi antara panas di dalam selongsong keramik dan di luar pemanas, dapat diabaikan. Karena tidak terukur oleh sensor

termokopel, disebabkan suhu sudah sama/hampir sama dengan temperatur kamar (30°)  
C. Isolator berfungsi dengan baik

**DAFTAR PUSTAKA**

1. BUNYAMIN LUTSMAN AND FRENK KERZE, JR " The Metallurgy of Zirconium " First Edition Mc. Grow Hill, Bank Company, New York (1955).
2. VAN HARTEN E. SETIAWAN Instalasi Listrik Arus Kuat, Bina Cipt Bandung 1985
3. AMIR PARTOWIYATMO " Efek Temperature tinggi pada kekuata sisa beton" Presentasi Ilmiah Peneliti BPPT ke 100. Puspipte Serpong.
4. BUdi SULISTYO., " Pembuatan Logam Zirconium dengan Proses kering", Simposium Fisika Nasiona Tahun 2000. Yogyakarta.