

UJI FUNGSI TUNGKU INDUKSI DENGAN ATOMIZER ASUMO DD-1025M

Agus Sartono DS, Dede Sutarya
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK.

Tungku induksi yang dilengkapi dengan atomizer, ASUMO DD-1025M telah di uji fungsi. Tungku tersebut digunakan untuk membuat serbuk logam paduan menggunakan teknik atomisasi. Pengujian dingin dilakukan dengan cara manual dan otomatis tanpa menggunakan bahan yang di proses. Sementara itu, uji panas dilakukan dengan menggunakan material non nuklir yaitu SS-316 dan Bronze. Pengujian dingin tungku induksi dilakukan dengan frekuensi 128 Hz, daya maksimum 10 kWatt dan temperatur krusibel hingga 2000°C. Pengujian dengan menggunakan material Bronze, melebur setelah mencapai suhu 600°C dan dengan bahan SS-316 melebur pada kisaran suhu 1500°C. Cairan bahan logam tersebut kemudian dialirkan ke piringan grafit pada bagian atomisasi, putaran piringan grafit diatur pada 40000 rpm dalam atmosfir gas argon. Hasil yang diperoleh dari proses tersebut adalah serbuk logam dengan ukuran butir yang bervariasi. Kendala yang dihadapi dalam proses pengaliran cairan logam ke piringan grafit adalah adanya penyumbatan pada ujung nosel krusibel sehingga pengaliran logam cair tidak lancar. Hal ini merupakan tantangan untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

Kata kunci: tungku induksi, atomizer, serbuk logam paduan.

PENDAHULUAN

Penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir saat ini terus dilakukan untuk mendapatkan bahan bakar dengan tingkat muat uranium yang lebih tinggi, performa dan tingkat keselamatan yang lebih baik sehingga aman digunakan di reaktor dengan waktu operasi yang lebih panjang. Litbang tersebut menjadi tugas dan fungsi dari Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE), Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, baik untuk reaktor riset maupun reaktor daya.

Saat ini kebutuhan bahan bakar nuklir U_3Si_2 untuk reaktor riset GA-Siwabessy dipenuhi oleh PT. INUKI (persero), produksi bahan bakar U_3Si_2 dihasilkan melalui proses peleburan logam uranium dengan logam silisida menggunakan tungku lebur busur api menjadi ingot U_3Si_2 yang kemudian diproses secara mekanik menjadi serbuk U_3Si_2 . Penggunaan tungku lebur dan proses mekanik ini mempunyai keterbatasan dalam kapasitas dan waktu proses yang cukup lama.

Dalam perkembangannya bahan bakar U_3Si_2 akan segera digantikan oleh kandidat baru yaitu bahan bakar UMo yang memiliki densitas uranium yang lebih tinggi dari U_3Si_2 . Pembuatan bahan bakar UMo dalam bentuk serbuk ternyata lebih sulit dari pembuatan

serbuk U_3Si_2 . Pembuatan serbuk UMo dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain dengan metode peleburan yang dilanjutkan dengan proses *hidriding dehidriding*, dan proses atomisasi. Pada proses *hidriding dehidriding*, paduan logam Uranium dan Molibdenum yang sudah dilebur menjadi ingot UMo kemudian dikenai proses hidriding dan dehidriding menggunakan gas hidrogen untuk menghancurkan ingot menjadi serbuk UMo. Pembuatan serbuk UMo dari ingot UMo tidak dapat dilakukan secara mekanik karena sifat dari paduan UMo yang ulet berbeda dengan ingot U_3Si_2 yang getas sehingga dapat dikenai proses mekanik dalam pembuatan serbuknya. Pembuatan serbuk UMo dengan cara *hidriding dehidriding* memerlukan langkah kerja dan waktu yang cukup panjang, sehingga perlu dicarikan alternatif proses yang lebih singkat sehingga menjadi lebih efisien dan dapat diterapkan dalam proses skala industri. Salah satu proses yang menjadi pilihan adalah dengan metode atomizer. Metode ini menggabungkan dua proses dalam satu alat yaitu proses peleburan logam Uranium dan logam Molibdenum menjadi paduan UMo dan proses pembuatan serbuk secara atomisasi dengan menggunakan disk sentrifugal.

Tungku Induksi Atomizer Asumo DD-1025M

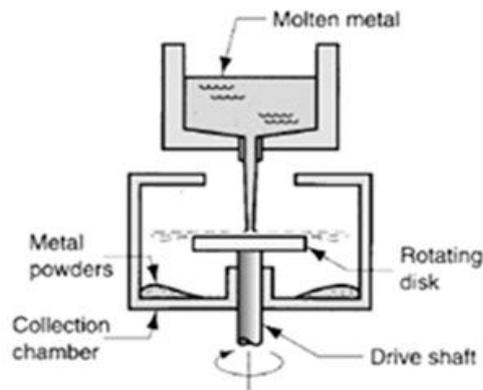
a. Deskripsi proses dan sistem tungku induksi atomizer ASUMO-DD1025M

Tungku induksi adalah jenis tungku peleburan (*melting furnace*) yang menggunakan arus listrik untuk melelehkan logam/paduan logam. Arus bolak-balik yang mengalir melalui koil primer menghasilkan arus induksi dalam koil sekunder sehingga akan membangkitkan suhu tinggi pada logam/paduan logam yang akan dilebur yang ditempatkan di tungku. Tungku induksi sangat ideal untuk mencairkan logam dan pembuatan paduan berbagai macam logam paduan dengan kehilangan lelehan minimum.

Atomisasi adalah metode produksi serbuk dimana semprotan halus dari logam cair kemudian dipadatkan membentuk serbuk. Beberapa metode atomisasi yang berbeda tersedia secara komersial. Dua metode proses atomisasi yang paling umum adalah menggunakan air dan gas, dimana aliran logam cair yang jatuh ditembus oleh gas bertekanan tinggi atau air. Selain itu metode sentrifugal juga umum digunakan dengan menggunakan elektroda yang berputar atau aliran cairan logam yang jatuh ke disk yang berputar.

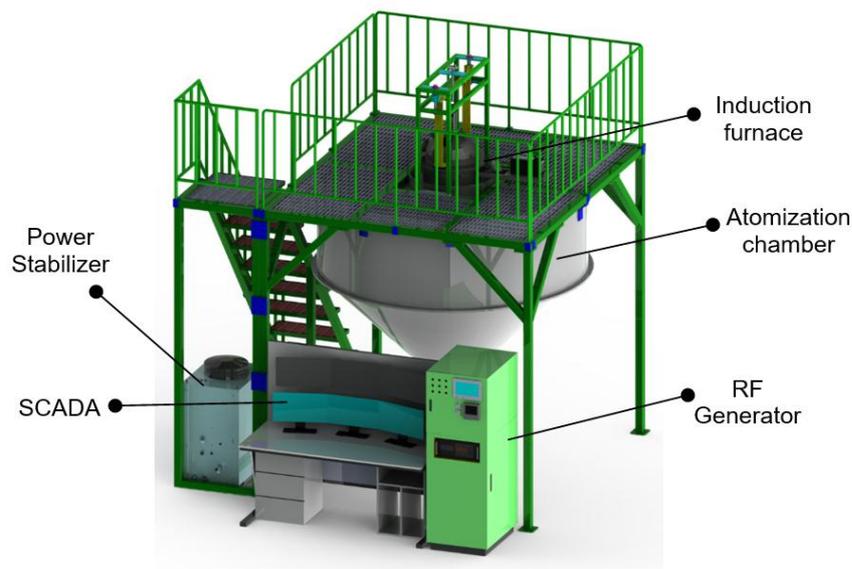
Atomisasi sentrifugal dari logam cair (*molten metal*) adalah proses pembuatan serbuk logam yang hemat biaya (*cost-effective process*) untuk memproduksi serbuk logam paduan^[1]. Proses tersebut sudah digunakan sejak lama untuk pembuatan produk partikulat dari cairan berbasis air dan bubur dalam industri kimia dan pertanian^[2]. Atomisasi sentrifugal telah digunakan untuk produksi serbuk logam selama beberapa dekade dan

telah berhasil diterapkan untuk memproses serbuk logam seperti Sn, Pb, Al, Mg, Zn, Ti, Ni, Co dan paduannya^[3,4]. Selain itu, juga dalam membuat serbuk paduan U_3Si untuk bahan bakar reaktor riset^[5].



Gambar 1. Skematik proses atomisasi sentrifugal^[5].

ASUMO-DD1025M adalah alat atau sistem yang terdiri dari tungku lebur induksi yang dilengkapi dengan sistem atomisasi sentrifugal untuk menghasilkan serbuk logam atau paduan logam. Untuk menghasilkan serbuk proses dilakukan dengan dua tahap yaitu proses peleburan logam ataupun paduan logam dalam sebuah krusibel yang terbuat dari grafit hingga mencair kemudian dialirkan ke piringan grafit yang diputar dengan kecepatan tinggi. Gambar 2 memperlihatkan skematik tungku induksi atomizer ASUMO DD-1025M dan gambar lengkap tungku induksi atomizer di lab HR-05 IEBE, diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Skematik bagian utama tungku induksi atomizer ASUMO DD-1025M^[6].



Gambar 3. Tungku induksi atomizer ASUMO DD-1025M

ASUMO-DD1025M adalah alat atau sistem yang terdiri dari tungku lebur induksi yang dilengkapi dengan sistem atomisasi untuk menghasilkan serbuk logam atau paduan logam. Untuk menghasilkan serbuk, proses dilakukan dengan dua tahap, yaitu proses peleburan logam ataupun paduan logam dalam sebuah krusibel yang terbuat dari grafit hingga mencair kemudian dialirkan ke piringan grafit yang diputar dengan kecepatan tinggi.

Tungku induksi atomizer ASUMO-DD1025M dirancang mampu meleburkan logam atau paduan logam hingga suhu 2000°C dan sistem atomisasi sentrifugalnya dirancang hingga putaran 40.000 rpm. Alat ini juga dilengkapi dengan sistem vakum untuk membersihkan ruangan atomisasi dari udara dan menggantinya dengan atmosfer gas argon sebagai inert gas proses dan isolasi udara pada saat proses berlangsung untuk menghindari terjadinya oksidasi pada logam yang diproses. Sistem air pendingin mandiri digunakan ada alat ini, selain untuk mengalirkan daya untuk membangkitkan panas juga digunakan untuk mendinginkan lilitan atau *coil* pembangkit panas pada tungku induksi. ASUMO-DD1025M ini dilengkapi juga dengan perangkat kendali HMI/SCADA yang memungkinkan alat ini dioperasikan secara *remote* menggunakan perangkat komputer dan seluruh parameter operasi dan data selama proses berlangsung dapat dimonitor dan

disimpan dalam database proses. HMI/SCADA pada tungku induksi atomizer ASUMO DD-1025M diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. HMI/SCADA pada tungku induksi atomizer ASUMO DD-1025M

Spesifikasi ASUMO-DD1025M adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas krusibel maksimum 1000 gram material.
2. Diameter krusibel 60 mm
3. Diameter *chamber* atomisasi 2500 mm
4. *Coil* diameter 80 mm dengan 6 turn
5. Tungku induksi tipe *ecoheat* dengan daya 10 kW dilengkapi dengan *matching compensation device* yang mampu diperasikan hingga 2000°C
6. Frekuensi kerja 100-150 Hz
7. Atomizer dengan diameter disk 70-100 mm
8. Maksimum putaran 40000 rpm
9. Gas operating: Argon
10. Operating pressure: 10 mbar untuk bagian induksi dan 5 mbar untuk *chamber atomizer*.
11. Sistem pendingin mandiri dengan suhu operasi 40-70°C
12. Sistem kendali operasi: HMI/SCADA.

b. Uji fungsi tungku induksi atomizer ASUMO-DD1025M

Uji fungsi tungku induksi atomizer ASUMO-DD1025M dimaksudkan untuk memastikan seluruh sistem dalam alat tersebut berfungsi dengan baik sesuai dengan

spesifikasi yang ditentukan. Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut:

1. Pengujian pasca instalasi, dimaksudkan untuk melihat bahwa seluruh rangkaian sistem tungku induksi dan atomizer telah terangkai dengan benar. Pengujian mekanik, elektrik dan instrumen dilakukan untuk meyakinkan bahwa setelah terangkai dengan benar sistem elektrik dan instrumen bekerja dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi.
2. Pengujian dingin, adalah pengujian seluruh sistem tanpa menggunakan beban atau bahan proses. Pada pengujian ini selain tanpa beban juga dilakukan pengujian sistem kendali proses secara manual maupun otomatis. Proses secara manual dilakukan dengan mengoperasikan komponen secara individu dengan melakukan seting secara manual, sedangkan pengoperasian secara otomatis dilakukan dengan melakukan seting awa dan proses berjalan secara berurutan.
3. Pengujian panas yang dilakukan dengan menggunakan beban material non nuklir, proses ini dilakukan untuk meyakinkan bahwa seluruh sistem peleburan, atomisasi dan sistem kendali lainnya sudah berjalan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dingin dan pengujian panas telah dilakukan pada tungku induksi atomizer ASUMO DD-1025M. Item pengujian dan hasil yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Item pengujian dan hasil uji fungsi ASUMO DD-1025M

No	Item Pengujian	Hasil
1.	Koneksi mekanik	Seluruh koneksi mekanik tersambung dengan baik
2.	Koneksi elektrik	Koneksi elektrik untuk beban tinggi menggunakan panel individu khusus untuk sistem asumo-dd1025
3.	Temperatur <i>Double Crucible</i>	Temperatur <i>Double Crucible</i> mencapai 2000°C
4.	<i>Flashing Chamber</i> dan vakum. Tekanan gas <i>inert</i> dalam <i>Chamber</i> .	Vakum 5×10^{-1} mbar Tekanan 1005 – 1010 mbar

No	Item Pengujian	Hasil
5.	<i>Drive Unit (Rotating disk graphite)</i>	<i>Drive unit (Rotating graphite disk)</i> mampu berputar 40.000 rpm
6.	<i>Atomisasi Sentrifugal</i>	Mampu menghasilkan produk serbuk logam ukuran 25 – 200 μm
7.	Sistem instrumentasi dan kendali proses HMI/SCADA.	Sistem instrumentasi dan kendali berfungsi dalam mengendalikan proses. Sistem DAQ berfungsi dalam mengakuisisi data proses
8.	Pengujian dengan material	Dapat diperoleh serbuk Ss dengan ukuran yang masih beragam

Pada pengujian dingin dari masing-masing komponen diuji secara individu. Pengujian pada Tungku induksi yang dipanaskan tanpa beban dapat dibangkitkan panas hingga 2000°C dengan frekuensi RF generator 128 Hz dan daya kurang lebih 9600 Watt. Secara visual panas yang dibangkitkan dapat dilihat melalui kamera monitor yang dipasang pada ruang induksi dan dimonitor dengan menggunakan termograp infra merah untuk mengetahui suhu aktual di dalam ruang induksi dan ruang atomisasi. Gambar 5 memperlihatkan proses pemanasan dan uji fungsi putaran disk grafit pada 40000 rpm.



Gambar 5. Monitoring proses uji panas

Pengujian panas pertama dilakukan dengan menggunakan material bronze yang lebur pada suhu 600°C , dan pengujian kedua dengan menggunakan material SS dapat diperoleh leburan logam SS pada kisaran suhu 1500°C dan atomisasi pada putaran 20000 rpm dan diperoleh butiran serbuk. Kendala yang dihadapi pada proses ini adalah terjadinya penyumbatan pada nosel krusibel grafit sehingga tidak seluruh logam cair mengalir ke ruang atomizer.

KESIMPULAN

Tungku induksi dilengkapi dengan atomizer ASUMO DD-1025M telah dilakukan serangkaian uji fungsi dingin dan panas. Dari hasil uji fungsi diperoleh, bahwa semua sistem telah sesuai dengan spesifikasi dan dapat digunakan untuk memproses bahan logam menjadi serbuk. Untuk memperoleh hasil yang maksimal dan ukuran butir yang seragam masih diperlukan pengujian lebih lanjut untuk mendapatkan parameter proses yang optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terimakasih kepada staf IEBE Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir atas bantuan mereka selama menjalankan uji fungsi dan diskusi yang sangat berarti, juga untuk editor dan *reviewer* atas komentar konstruktif mereka pada tahap awal penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. J. J. Dunkley and D. Aderhold, "*Centrifugal atomization of metal powders*," in Proc. International Conf. Powder Metallurgy and Particulate Materials, Colorado, 2007, pp. 26-31.
2. Masters K. *Spray drying handbook. 5th ed. Essex: Longman Scientific & Technical;* 1991.
3. J. W. Xie, Y. Y. Zhou, and J. J. Dunkley, "*Effect of processing conditions on powder particle size and morphology in centrifugal atomization of tin*," Powder. Metall., vol. 47, pp. 168-172, Mar. 2004.
4. K. Halada and H. Suga, "*Study on parameters for centrifugal atomization with atomizing molten zinc*," J. Jpn. Soc. Powder Powder Metall., vol. 37, pp. 398-404, Mar. 1990.
5. Kim, Chang Kyu, Park, Jong Man, & Ryu, Ho Jin, "*Use of a centrifugal atomization process in the development of research reactor fuel*", Nuclear Engineering and Technology, 39(5), 617-626. 2007.
6. Global Mega Indonesia," *Operation manual atomizer system for UMo ASUMO DD-1025M*," PT. GMI, 2018.