

## UJI FUNGSI *MAGNETIC SUSPENSION BALANCE* (MSB) UNTUK PENELITIAN MATERIAL SUHU TINGGI

Rohmad Salam, Bandriyana, Arbi Dimiyati

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, PTBIN-BATAN

Puspiptek, Tangerang Selatan 55282

Email untuk korespondensi: salam\_rd@yahoo.com

### ABSTRAK

*UJI FUNGSI MAGNETIC SUSPENSION BALANCE (msb) UNTUK PENELITIAN MATERIAL SUHU TINGGI* . Uji fungsi peralatan *Magnetic Suspension Balance (MSB)* dilakukan untuk mendukung program penelitian dan pengembangan material suhu tinggi di PTBIN-BATAN. MSB perlu dilakukan perbaikan serta peningkatan dalam sistem komputer untuk akuisisi dan penyajian data. Dalam makalah ini dibahas langkah conditioning MSB dengan penelusuran kerusakan, langkah perbaikan serta uji fungsi alat. Perbaikan telah dilakukan pada kerusakan komponen utama tungku dan alat timbang dengan penggantian dan pemasangan komponen pemanas dan termokopel, sedang untuk timbangan dilakukan perbaikan konektor timbangan dan konektor yang menghubungkan ke display . Pada komputer pengolah data dilakukan perbaikan untuk akuisisi dan penyajian data. Hasil uji fungsi untuk operasi pengujian suhu tinggi menunjukkan peralatan mampu beroperasi dengan stabil pada suhu operasi yang ditentukan yaitu 500 dan 700 °C . Pengukuran laju oksidasi menunjukkan karakteristik sampel paduan zirkonium mengikuti pola perumusan parabolik sesuai dengan hasil uji karakteristik oksidasi sampel.

**Kata kunci :** MSB, oksidasi, suhu tinggi, uji fungsi, perbaikan.

### ABSTRACT

*FUNCTIONAL TEST OF MAGNETIC SUSPENSION BALANCE (MSB) FOR RESEARCH OF HIGH TEMPERATURE MATERIAL.* Functional test of *Magnetic Suspension Balance (MSB)* has been performed to support the research and development of high temperature material in PTBIN-BATAN. The MSB is needed to be conditioned to improve performance of the computer display and data and acquisition. In this paper, steps for conditioning the MSB was performed by trouble shooting, steps of repair and functional test of the apparatus. The main component damage of furnace and balancing have been repaired by replacement the heater and thermocouple, while the balancing has been repaired by replace the balancing wire and the display connector. The computer has been repaired on the display and data acquisition. Result of functional test showed that the apparatus were able to operate stable in the setting temperature of 500 and 700 °C. Measuring of the oxidation rate of zirconium alloy showed general characteristic of the oxidation kinetic following the parabolic rate law.

**Keywords:** MSB, oxidation, high temperature, repair.

### PENDAHULUAN

Material suhu tinggi merupakan material untuk komponen atau peralatan yang dioperasikan pada suhu diatas 500°C. Penelitian material suhu tinggi dikembangkan di PTBIN-BATAN sebagai bahan pembuatan komponen dan struktur reaktor suhu tinggi, diantaranya adalah penelitian paduan zirkonium sebagai material kelongsong bahan bakar reaktor. Salah satu masalah kritis untuk material suhu tinggi adalah terjadinya peningkatan korosi khususnya oksidasi yang menyebabkan penurunan

kekuatan material. Oleh karena itu penelitian material suhu tinggi banyak diarahkan pada pengujian ketahanan oksidasi pada suhu tinggi.

Untuk penelitian ketahanan oksidasi ini, PTBIN memiliki peralatan utama untuk mengukur laju oksidasi suhu tinggi dalam berbagai jenis atmosfer, yaitu *Magnetic Suspension Balance (MSB)*. Alat ini mampu mengukur laju oksidasi dengan tingkat ketelitian yang cukup tinggi dengan menyajikan kurva penambahan berat (weight gain) sebagai fungsi waktu untuk suatu pengujian pada temperatur tertentu.

MSB yang diperoleh dari hibah proyek kerjasama IDN99 antara P2SRM-BATAN dan Aachen University of Technology Jerman yang didanai BMBF pada tahun 2000 tersebut tidak beroperasi sejak tahun 2008 karena adanya kerusakan akibat sebuah kecelakaan eksperimen. Masalah utama yang dihadapi saat ini adalah kondisi peralatan yang memerlukan perbaikan dan peningkatan kemampuan operasi untuk mendukung penelitian.

Sehubungan dengan pentingnya penggunaan alat ini maka telah dilakukan perbaikan dan uji fungsi alat dengan peningkatan dalam sistem komputer untuk akuisisi dan penyajian data. Dalam makalah ini dibahas langkah *conditioning* MSB dengan perbaikan alat dan uji fungsi untuk mendukung eksperimen oksidasi suhu tinggi yang dilakukan secara mandiri. Hal lain yang ingin diperoleh dari kegiatan ini adalah mengetahui desain dan konstruksi alat secara lebih detail untuk peningkatan penguasaan operasi dan perawatan alat.

## METODE DAN TATA KERJA

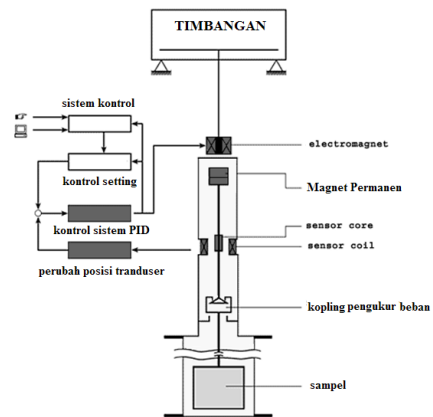
### Peralatan MSB

MSB merek *Rubotherm* produksi Präzisionsmess-technik GmbH, merupakan salah satu alat uji korosi yang bekerja berdasarkan perubahan massa ketika sampel mengalami kenaikan suhu di sekitarnya [4].

Bila dibandingkan dengan peralatan thermogravimetry lainnya, alat ini memiliki keunggulan karena metode penimbangan yang menggunakan teknologi suspensi elektromagnetik, dimana sampel yang di timbang berada pada sebuah ruangan terpisah dari timbangan. Sampel terhubung pada sebuah magnet permanen di dalam ruangan tersebut yang berinteraksi pada sebuah elektromagnetik di luar ruangan yang terhubung dengan timbangan. Sehingga dengan demikian sampel tidak mengalami kontak langsung dengan timbangannya. Hal ini memungkinkan untuk menimbang dalam berbagai kondisi atmosfer juga vakum dan bahkan bertekanan. Sampel dan timbangan yang terpisah ini sangat menguntungkan ketika melakukan uji korosi pada suhu dan tekanan yang tinggi atau dalam lingkungan media yang korosif dalam waktu yang lama.

Perubahan massa sampel diukur berdasarkan perubahan medan magnet yang diakibatkan oleh perubahan posisi sampel selama proses pemanasan.

Berat sampel maksimal yang dapat digunakan pada alat ini adalah 25 g. [3]. Secara garis besar konstruksi alat MSB ditunjukkan dalam skema pada Gambar 1, dan set-up MSB yang ada di PTBIN ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema MSB



Gambar 2. MSB PTBIN

Bagian utama dari MSB adalah ruang sampel yang terdiri dari sebuah tabung keramik yang tertutup. Di dalam ruang keramik ini terdapat sampel yang akan dipanaskan. Berbagai macam jenis gas dan udara dapat dimasukan ke dalamnya selama proses pengukuran, seperti Argon (Ar), nitrogen (N<sub>2</sub>), uap air dan lain-lain.

Komponen lainnya adalah timbangan (micro balance) yang bekerja berdasarkan perubahan medan magnet yang terjadi di ruang pengukuran. Timbangan ini mampu mengukur perubahan massa hingga 0,05 mg. Pengambilan data selama proses pengukuran dilakukan oleh sebuah CPU yang dapat menampilkan proses secara in-situ.

Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *conditioning*:

### Penelusuran kerusakan

Untuk mengetahui jenis kerusakan yang terjadi pada alat dilakukan terutama dengan pengamatan visual. Analisis kerusakan dan langkah perbaikan dilakukan berdasarkan pada manual perbaikan dan penelusuran dari pengujian komponen. Perbaikan di lapangan dilakukan di bengkel mekanik. Tindakan perbaikan juga dengan modifikasi dan proses manufaktur. Adapun komponen utama yang memerlukan perbaikan yang akan disampaikan dalam makalah ini meliputi: perbaikan elemen pemanas tungku, timbangan satorius dan sistem akuisisi serta pengolahan data.

### Uji fungsi komponen dan alat

Pengujian fungsi dan operasi serta keandalan komponen dalam instalasi dengan pengamatan secara sederhana. Untuk uji fungsi *MSB* secara keseluruhan dilakukan pengoperasian *MSB* untuk uji oksidasi suhu tinggi dengan sampel paduan zirkonium. Pengujian dilakukan dengan 2 buah sampel zirkonium dengan beda komposisi yang kita sebut dengan S1 (paduan ZrNbMoGe) dan S2 (ZrNbMoGeCu). Untuk kedua sampel masing-masing dilakukan pengujian pada suhu 500 °C dan 700 °C selama 8 jam. Untuk evaluasi diamati kestabilan pengukuran temperatur, waktu untuk mencapai temperatur uji dan fungsi penimbangan perubahan berat sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil penelusuran dan analisis kerusakan

#### Komponen Tungku MSB

Tungku *MSB* memiliki rentangan tegangan 0 hingga 12 V AC yang dapat dikontrol dalam langkah 0,01 V dengan arus 28,7 A daya 1000 VA, hal ini memungkinkan tungku dapat beroperasi untuk jangka waktu yang lama karena tegangan yang mengalir pada kawat pemanas relatif kecil sedangkan suhu yang di hasilkan tungku ini mencapai 1200 °C.

Pengoperasian pertama di lakukan pada suhu *setting* 200 °C pada kontrol temperatur, tungku *MSB* tidak merespon kemudian pengoperasian *MSB* di hentikan. Penelusuran kerusakan tungku di mulai dengan memeriksa sumber tegangan PLN 220 V kemudian ke trafo *step down* 220 VAC ke 12 VAC, untuk kedua sumber tegangan setelah di cek menggunakan multimeter tidak terjadi kerusakan. Kemudian pengecekan di lanjutkan ke sistem pemanas tungku. Pengecekan dilakukan dengan menghubungkan multimeter secara *parallel* ke

dalam sumber tegangan tungku, hasilnya ada pemanas yang putus, seperti terlihat pada gambar 3. Hal ini dilihat dari hasil pengukuran dengan multimeter tidak ada nilai pada penunjukannya. Kerusakan yang terjadi pada tungku diperkirakan disebabkan karena faktor umur pakai dan kecelakaan laboratorium di ruang *MSB*.



Gambar 3. Elemen pemanas yang rusak



Gambar 4. Tungku *MSB* yang telah di bongkar

#### Timbangan *MSB*.

Display timbangan *MSB* mempunyai 5 digit yaitu 5 angka di belakang koma, oleh karena itu hasil pengukurannya terbilang sangat teliti. Perbedaan dengan timbangan jenis lainnya adalah selain mempunyai 5 digit akurasi, penimbangan pada alat ini menggunakan magnetik, dimana sampel yang di timbang tidak kontak langsung dengan timbangannya. Berat ringannya sampel akan berpengaruh langsung pada besar kecilnya medan magnet yang dihasilkan antara magnet permanen pada ujung batang penyangga sampel dengan elektromagnet pada timbangan. Gambar 5 menunjukkan gambar timbangan yang sampel atau bahan yang di timbang menghadap ke bawah dan gambar display atau tampilan dari hasil bahan di timbang.

Pada pengoperasian pertama tidak adanya hasil yang tampilan pada display timbangan, Penelusuran kerusakan yang terjadi pada timbangan *MSB* ini di mulai dengan memeriksa 2 buah konektor yang menghubungkan timbangan dan display timbangan, pemeriksaan di lanjutkan di dalam timbangan, pembongkaran timbangan di lakukan dengan melepas seluruh baut yang terdapat pada timbangan, setelah di lakukan pembongkaran terlihat ada salah

satu kawat halus yang putus dari 2 kawat. Hal ini mungkin disebabkan tidak kuatnya sambungan antara kabel dan konektor. Kawat ini berfungsi memberikan arus terhadap elektromagnetik.



**Gambar 5. Timbangan MSB**

Secara ringkas hasil penelusuran kerusakan dari peralatan MSB ditunjukkan dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil penelusuran dan analisis kerusakan**

No	Kerusakan	Analisa	Hasil
1	Furnace	Power Supplay 220V	Tidak ada Kerusakan
		Trafo Penurun Tegangan 220 VAC ke 12 VAC, 28,7 A 1000 VA	Tidak ada Kerusakan
		Pemanas	Putus
2	Timbangan	Sumber tegangan	Ada
		Konektor penghubung data antara timbangan dan <i>display</i> timbangan	Tidak ada kabel yang putus
		Konektor di dalam timbangan	Ada 1 kawat dari dua kawat yang putus

## 2. Perbaikan komponen dan alat

### Tungku MSB

Perbaikan tungku *MSB* dilakukan dengan mengganti elemen pemanas dengan elemen sesuai spesifikasi dan panjang elemen pemanas yang lama. Pengukuran menunjukkan bahwa elemen memiliki tahanan sekitar 1,7 Ohm.

Perbaikan pemanas di lakukan dengan membuka 2 buah baut pengikat pada kerangka atau dudukan furnace setelah itu melepas penutup

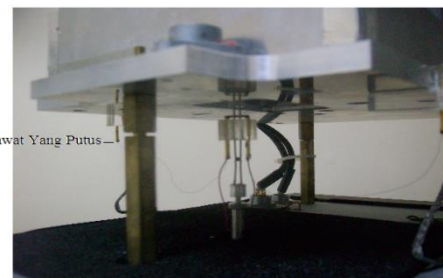
furnace kemudian membuka seluruh keramik *wool* yang melindungi pemanas. Setelah semua di lakukan, pemanas dikeluarkan lalu ganti elemen pemanas yang sesuai. Penggantian elemen memerlukan waktu sekitar 7 hari di karenakan seluruh pemanas di balut oleh semen keramik. Pemasangan elemen dimulai dengan pemasangan elemen pada tabung tungku kemudian di tutup di sekelilingnya dengan keramik *wool* lalu pasang penutup tungku seperti terlihat pada Gambar 6, dan akhirnya tungku dipasang pada kerangka MSB, pemasangan harus dengan menggunakan *water pass* agar seimbang.



**Gambar 6. Pemasangan Elemen Pemanas MSB**

### Timbangan MSB

Kerusakan yang terjadi pada timbangan MSB ini tidak adanya tampilan pada display timbangan. Setelah di bongkar penyebabnya adalah terputusnya salah satu kawat yang berada pada timbangan, lihat gambar 7. Perbaikannya dilakukan dengan menyambung kembali kawat yang putus sesuai dengan tempatnya dengan solder timah tetapi pengerjaannya harus dilakukan dengan sangat hati-hati karena kabel yang di solder sangat halus dan memerlukan alat bantu berupa kaca pembesar.



**Gambar 7. Kawat penghubung pada timbangan**

### Komputer pengolah data

Peralatan MSB di lengkapi sebuah komputer sebagai alat pengolah data operasi MSB, data-data pengukuran yang di perlukan di input ke dalam komputer, seperti banyaknya titik pengukuran, berapa lama interval waktu antar titik, berapa lama waktu pengukuran di sebuah titik pengukuran, range berat yang terendah sampai yang tertinggi dan suhu yang diinginkan. Didalam computer juga bisa menampilkan data berat, selisih berat antar titik pengukuran dari oksidasi yang di hasilkan serta data gambar grafik kenaikan suhu serta kenaikan berat oksidasi per titik pengukuran.

### 3. Uji fungsi komponen dan sistem

#### Operasi peralatan MSB

Hasil perbaikan MSB telah dilakukan dan di pasang pada rangkaian kontrol yang lainnya seperti kontrol temperatur, komputer, display timbangan serta *power supply* untuk tungku. Untuk analisis hasil perbaikan dilakukan komisioning dan uji fungsi alat dengan pengujian oksidasi untuk sampel besi dan zirkonium.

Cara pengoperasian *MSB* sebagai berikut: sebelum *Power* utama disambungkan ke jaringan PLN melalui stop kontak, harus dilakukan persiapan sampel. Sampel berbentuk pelat tipis dengan ukuran panjang dan lebar 10mm x 10mm, tebal maksimum 10 mm. Sebelumnya harus dipastikan bahwa sampel memiliki permukaan yang terdefinisi, biasanya permukaan yang halus. Untuk mendapatkan permukaan yang halus sampel diampelas dengan mesin *grinding* dari kekasaran berurutan sebagai berikut 80, 120, 400,600, 1000 dan 1500 kemudian sampel di bersihkan dengan methanol di dalam mesin ultrasonik untuk menghilangkan kotoran dari sisa-sisa butiran SiC diampelas dan lemak tangan.

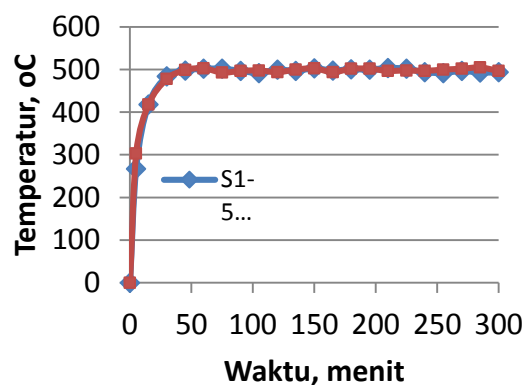
Kemudian sampel dimasukkan ke dalam tungku lalu *power* utama disambungkan ke jaringan PLN melalui stop kontak dan saklar pada kontrol temperatur (*load*) dan *power* pada *suspension coupling* serta *personal computer* dihidupkan (ON). Data-data pengukuran yang di perlukan di input ke dalam komputer, pengaturan temperatur pada kontrol temperatur dipilih sesuai temperatur operasi dan tungku beroperasi sesuai dengan temperatur yang di set, timbangan akan bekerja selama ada penambahan berat akibat terbentuknya lapisan oksida pada sampel. Selama operasi *MSB* berlangsung, temperatur ruangan *furnace* dan berat sampel ditunjukkan oleh peraga pada sistem kontrol temperatur dan display pada computer.

Kondisi naik dan turunnya temperatur ruang *furnace* ditunjukkan berupa besar tegangan yang diberikan kepada tungku melalui *temperature controller*, jika temperatur belum mencapai harga yang telah di tentukan maka tegangan yang di berikan besar jika temperatur sudah mencapai harga yang telah di tentukan maka tegangan yang di berikan ke *furnace* berkurang tetapi tidak mati (off). Sehingga tidak terjadi histerese.

Untuk besaran kenaikan berat akan tercatat di dalam komputer, besaran interval waktu antar titik pengukuran dan lama pengukuran pada setiap titik pengukuran di set di personal computer pada saat kita mengoperasikan *MSB*.

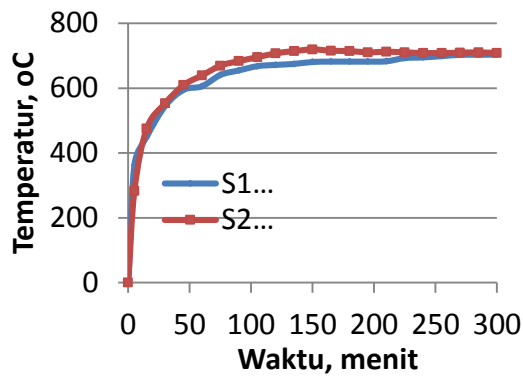
### 4. Hasil uji fungsi

Selama 8 jam peralatan dapat beroperasi dengan baik. Untuk mencapai suhu operasi 500 °C, kenaikan suhu sampai dengan 500 °C dan 700 °C masing-masing dicapai dalam 45 menit, sedangkan untuk pengoperasian pada seting suhu 700 °C dicapai dalam waktu sekitar 100 menit. Untuk seting suhu 500 °C temperatur stabil pada rentang temperatur 497 - 503 °C, sedangkan untuk suhu seting 700 °C stabil pada suhu 710 - 714 °C. Data hasil uji temperatur sebagai fungsi waktu di tunjukkan pada Gambar grafik waktu sebagai fungsi temperatur pada Gambar 8,9 dan 10.



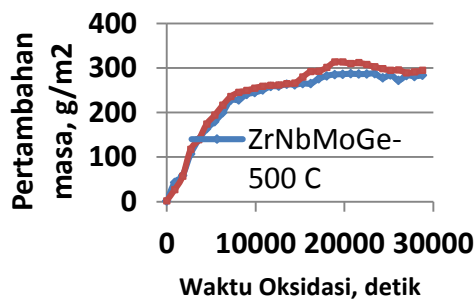
Gambar 8. Grafik waktu vs suhu oksidasi 500 °C



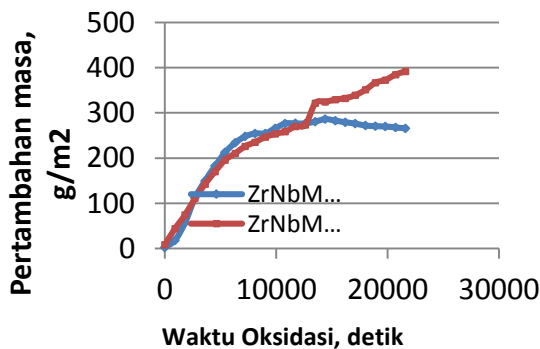


Gambar 9. Grafik waktu vs suhu untuk 700 °C

Pencatatan penambahan berat dapat dicatat dalam setiap interval waktu. Data penambahan berat disimpan dalam komputer dan ditampilkan dalam *display* penambahan berat. Hasil yang diperoleh dari pengujian berupa kurva penambahan berat sebagai fungsi waktu oksidasi seperti ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11.

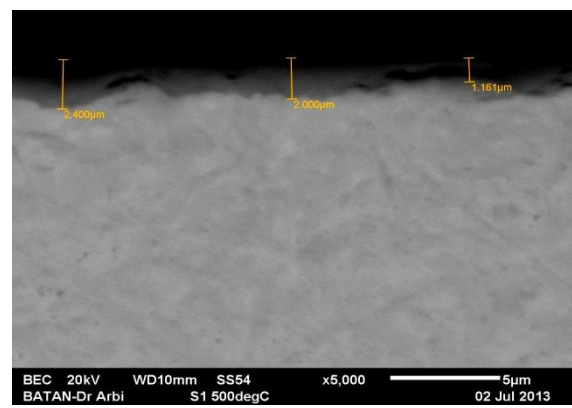


Gambar10. Grafik perubahan masa pada sampel S1 (paduan ZrNbMoGe)

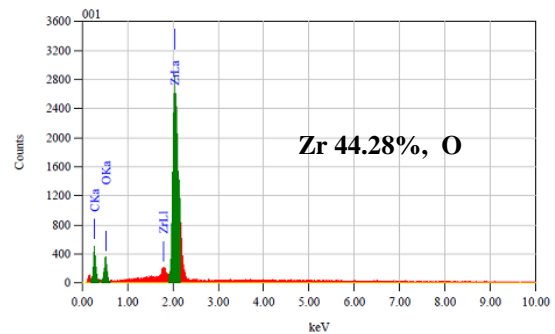


Gambar11. Grafik perubahan masa pada sampel S2 (paduan ZrNbMoGeCu)

Dari data yang diperoleh dapat dikatakan bahwa pengujian korosi suhu tinggi berhasil dilakukan, Kurva oksidasi yang menunjukkan hubungan penambahan berat sebagai fungsi waktu oksidasi mengikuti pola karakteristik parabola. Pola uji karakteristik sampel ini sesuai dengan pola hasil uji oksidasi paduan zirkonium pada umumnya. Pertumbuhan berat menunjukkan grafik yang naik turun atau bergelombang, hal ini disebabkan karena selama proses oksidasi terjadi pertumbuhan dan pelepasan (flaking) lapisan oksida secara lokal seperti diamati dalam struktur mikro dan pembentukan oksida seperti ditunjukkan pada Gambar 12, 13 dan 14.



a



b

Gambar 12 . (a) Hasil SEM dan EDS (b) sampel ZrNbMoGe setelah oksidasi 500 °C

## KESIMPULAN

Perbaikan furnace dan timbangan peralatan Magnetic Suspension Balance telah berhasil dilakukan. Furnace dan timbangan Magnetic Suspension Balance dapat berfungsi dengan baik dapat mencapai suhu percobaan 700 °C.

## DAFTAR PUSTAKA

1. WAGIYO H., SULISTIOSO G..S. dan SITI M., 2004, Pengaruh Nitridisasi Terhadap Ketahanan Korosi Temperatur Tinggi Bahan SS312A, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Iptek Bahan*, 126-130B.
2. UNTOROP.,WAGIYOH., 2002, *Workshop on Corrosion Using TGA/MSB*, National Nuclear Energy Agency(BATAN), Serpong, *Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang*
3. Wagiyoh.,Ari H.dan Syahril DEPOSISI AL DAN NITRIDASI PADA BAHAN COR-TENUNTUK MENINGKATKAN KEKERASAN DAN KETAHANAN KOROSI SUHU TINGGI Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007
4. <http://www.ankersmid.com/China/Physic> Characterisation/Products/Rubotherm.

konvensional pengukuran dilakukan setelah uji coba selesai.

## DAFTAR PUSTAKA

### Pertanyaan

1. Apakah keuntungan dari MSB dibandingkan uji oksidasi yang lainnya? (Rifky Apriansyah)
2. Bagaimana cara kerja MSB?  
Apakah alat ini berfungsi untuk mengamati korosi temperatur rendah juga? Berapa temperturnya? (Parikin)
3. Berapa suhu optimal untuk operasi alat tersebut?  
Apakah alat tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi oksidasi semua jenis logam? (Sudiono)
4. Bagaimana uji oksidasi dengan MSB dan dengan cara konvensional?(Imam Wahyono)

### Jawaban

1. Keuntungan penambahan berat akibat oksidasi dapat langsung diketahui dan pengoperasian dapat diuji coba dengan MSB bisa untuk jangka waktu yang lama dengan tegangan yang rendah.
2. Cara kerjanya dengan dipanaskan akan timbul oksidasi kemudian penambahan oksidasi tersebut ditimbang secara langsung. Bisa juga tergantung permintaan operasi sampai dengan 700°C.
3. Untuk saat ini sampai 700 °C. Ya, alat ini bisa untuk semua jenis logam.
4. Uji coba dengan MSB penambahan berat akibat oksidasi dapat terukur secara terukur secara langsung, sedangkan dengan cara yang