

## IDENTIFIKASI KERUSAKAN THERMO GRAVIMETRY ANALYSIS DI HOTCELL 108 IRM

Agus Jamaludin<sup>1</sup>, Fajar Al Afghani<sup>1</sup>, Hanifah Dwiyantri<sup>1</sup>, dan  
Ariyanti Saputri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir  
Badan Tenaga Nuklir Nasional, Setu, Banten, Indonesia, 15314

astrifauzi@yahoo.com

**ABSTRAK** – Alat uji termogravimetri (TGA) di laboratorium instalasi radiometalurgi (IRM) merupakan satu-satunya alat uji TGA untuk menangani bahan pasca iradiasi. TGA digunakan untuk mengukur perubahan jumlah dan laju dalam berat dari material sebagai fungsi dari temperatur atau waktu dalam atmosfer yang terkontrol. Berdasarkan hasil analisa diketahui terjadi kerusakan akibat korslet yang menyebabkan kontaktor utama di dalam kontrol panel terbakar. Setelah dilakukan pemeriksaan secara terpisah, kerusakan lain terjadi pada *Density Evaluation Computer* untuk menunjukkan log grafik diagram perubahan massa yang rusak dan *flow meter* untuk gas Argon (Ar) yang tidak dapat menunjukkan kapasitas laju aliran gas argon. Identifikasi dan analisa kerusakan alat uji TGA diperlukan untuk digunakan sebagai acuan melakukan perbaikan alat uji TGA.

**Kata Kunci** – Termogravimetri, TGA, identifikasi, pasca-iradiasi, radiometalurgi, IRM

**ABSTRACT** – *Thermo gravimetric Analysis (TGA) Instrument located in the Installation of Radiometalurgy (IRM) is the only one instrument that is purposed to handle post-irradiation materials. TGA is a method of thermal analysis in which the mass of a sample is measured over time as the temperature changes in the controlled atmosphere. The result of identification and analysis shows the main contactor in the control panel was burned due to electric short circuit. After separated examination, others damages were found as for Density Evaluation Computer (equipment to show log graphic diagrams of material mass changes) and flow meter argon which cannot show the exact flow rate of Argon Gas. Identification and Analysis for the damages of TGA instrument is important to be reference of the improvement or repairing TGA machine.*

**Keywords** – *thermo, gravimetric, TGA, identification, post-irradiation, IRM*

### I. PENDAHULUAN

Instalasi Radiometalurgi (IRM) merupakan fasilitas uji pasca iradiasi yang mempunyai *hotcell* ZG-001 sampai dengan *hotcell* ZG-112 yang telah dilengkapi dengan peralatan pendukung seperti salah satunya yaitu *Thermo Gravimetry Analysis* (TGA) atau biasa disebut sebagai perangkat TGA di hotcell 108. TGA merupakan suatu teknik untuk mengukur perubahan jumlah dan laju dalam berat dari material sebagai fungsi dari temperatur atau waktu dalam atmosfer yang terkontrol. Pengukuran

digunakan untuk menentukan komposisi material dan memprediksi stabilitas termalnya pada temperatur mencapai 1100°C.

Kerusakan perangkat TGA di *Hotcell* 108 ditandai dengan adanya kontaktor untuk menghidupkan perangkat TGA dalam *Remote Control Box* (kontrol panel) yang terbakar dan menyebabkan perangkat TGA yang terhubung dengan kontrol panel seperti *furnace* serta kontrol suhu di dalam kontrol panel tidak dapat menyala. Salah satu bagian alat yakni *density evaluation computer* yang berfungsi untuk menampilkan grafik perbandingan perubahan massa terhadap temperatur atau waktu yang berada di bagian *operating area* (*Hotcell* ZG-140) tidak menyala ketika diberikan power catu daya 220 Volt AC.

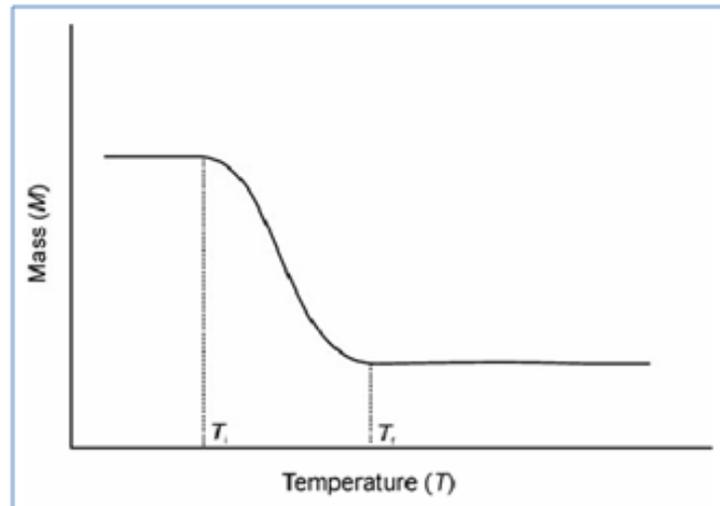
Alat TGA yang berada di hotcell 108 merupakan satu-satunya alat TGA yang berfungsi untuk menangani bahan pasca iradiasi di gedung IRM sehingga keberadaannya diperlukan untuk dapat melakukan analisa terhadap bahan uji pasca iradiasi. Salah satu cara untuk memungkinkan adanya pengujian TGA adalah dengan memperbaiki alat TGA yang sudah tidak berfungsi. Sebelum dapat melakukan perbaikan diperlukan adanya identifikasi kerusakan dari alat TGA di Hotcell 108. Identifikasi berfungsi untuk melihat lebih terperinci bagian alat yang mengalami kerusakan dan yang tidak mengalami kerusakan sehingga perbaikan dapat dilakukan di bagian alat yang mengalami kerusakan.

## II. TEORI

*Thermogravimetry Analysis* (TGA) berfungsi untuk mengukur massa suatu material yang hilang atau bertambah selama proses reaksi. TGA menghasilkan kurva dalam fungsi waktu dan temperatur saat proses pemanasan atau pendinginan dengan profil temperatur tertentu [1]. Pada kurva TGA dapat diidentifikasi suatu sampel mengalami pengurangan massa apabila kurva TG menurun sedangkan terjadi pertambahan massa apabila kurva TG naik [2,5]. Pengurangan massa terjadi apabila reaksi yang berlangsung antara lain dehidrasi, pirolisis, dekomposisi, desorpsi, evaporasi dan sebagainya. Analisis termal memberikan sifat seperti entalpi, kapasitas termal, perubahan massa, dan koefisien ekspansi panas [3]. Oleh karena itu, berdasarkan informasi tersebut, dapat diidentifikasi reaksi yang terjadi pada sampel uji.

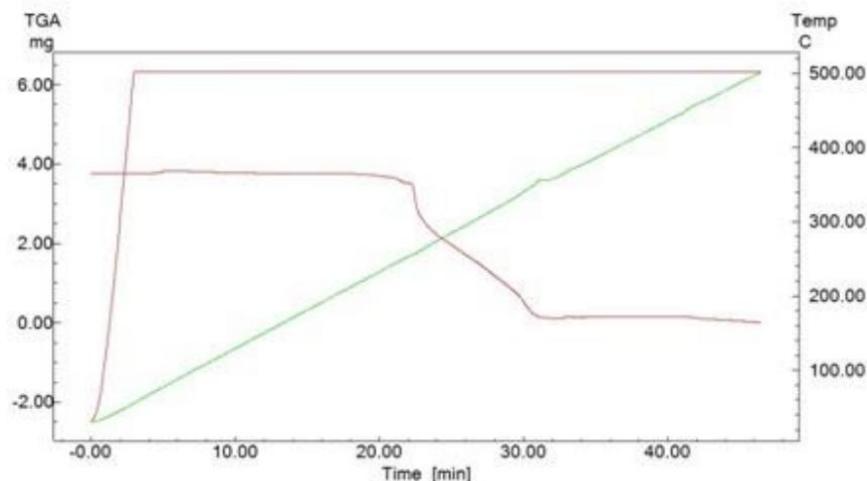
Alat TGA yang terdapat dalam Hotcell 108 dilengkapi dengan *furnace* untuk proses pemanasan. Selama prosesnya melibatkan gas sebagai inert yang mengalir di atas sampel dan keluar melalui jalur pembuangan dengan tujuan untuk mencegah reaksi oksidasi atau reaksi lain yang tidak diinginkan [3]. Sampel yang digunakan berupa bahan nuklir, yaitu Uranium dalam bentuk oksida. Fungsi utama dari peralatan

ini adalah untuk menentukan perbandingan komposisi unsur U dan O pada pelet bahan bakar  $UO_2$ . Sampel  $UO_2$  yang diuji selanjutnya dipanaskan di dalam furnace dalam rentang waktu tertentu. Selama proses pemanasan, alat TGA akan menganalisis perubahan massa yang terjadi pada  $UO_2$  pra iradiasi dan pasca iradiasi. Tujuan dilakukan termogravimetri analisis adalah menemukan perbandingan stoikiometri dari sampel yang diuji [4].



Gambar 1. Grafik TGA massa vs temperature (Brown, 2001)

Selama analisis termogravimetri, massa sampel terus direkam selama rentang waktu dan suhu yang telah ditentukan. Grafik pada Gambar 1 menunjukkan perubahan massa sampel, dimana  $T_1$  menunjukkan temperatur sesaat sebelum terjadi perubahan massa dan  $T_2$  menunjukkan temperatur saat sampel telah mengalami perubahan massa [5]. Hasil dari kurva TG memberikan informasi tentang perubahan komposisi sampel, stabilitas termal, dan parameter kinetik untuk reaksi kimia dari sampel [3].



Gambar 2. Grafik TGA massa vs waktu

Gambar 2 menunjukkan perubahan massa sampel berbanding dengan waktu [6]. Nilai  $T_1$  dan  $T_2$  bergantung pada beragam variabel, seperti laju pemanasan, sifat dari padatan seperti ukuran dan atmosfer di atas sampel. Sehingga  $T_1$  dan  $T_2$  merupakan nilai yang sangat bergantung pada kondisi eksperimen, karenanya tidak mewakili suhu-suhu dekomposisi pada equilibrium [7].

Berdasarkan manual operasi dan dokumen terkait TGA yang dimiliki maka identifikasi dimulai dari pengecekan *furnace*. Saat *furnace* dinyalakan terjadi korsleting di kontrol panel, sehingga alat TGA tidak dapat dinyalakan. Kerusakan ini terjadi pada kontaktor untuk menghidupkan perangkat TGA dalam *Remote Control Box* (kontrol panel) yang terbakar dan menyebabkan perangkat TGA yang terhubung dengan kontrol panel seperti *furnace* serta kontrol suhu di dalam kontrol panel tidak dapat menyala. Salah satu bagian alat yakni *density evaluation computer* yang berfungsi untuk menampilkan grafik perbandingan perubahan massa terhadap temperatur atau waktu yang berada di bagian *operating area* (*Hotcell ZG-140*) tidak menyala ketika diberikan power catu daya 220 Volt AC.

### III. METODE

#### A. Bahan dan alat

Perangkat TGA terdiri dari peralatan utama dan peralatan bantu. Peralatan utama terdiri dari *furnace*, *remote control box*, *density evaluation computer* dan gas argon sedangkan peralatan bantu terdiri dari *ultrasonic cleaner*, *desicator* dan *analytical balance*. Peralatan utama pendukung sistem TGA beserta fungsinya yang terdapat di *hotcell ZG-108* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Peralatan Utama Pendukung Sistem TGA

No.	Nama Alat	Fungsi dan Teknik Penggunaan
1	 <p style="text-align: center;"><b>Furnace</b></p>	Digunakan untuk memanaskan sampel dengan kapasitas temperatur hingga 1100 °C.

2	 <p style="text-align: center;"><b>Remote Control Box</b></p>	Digunakan untuk mengatur laju aliran gas argon, kecepatan pemanasan dan temperatur maksimal dari setiap percobaan.
3	 <p style="text-align: center;"><b>Density Evaluation Computer</b></p>	Terhubung dengan <i>remote control box</i> yang berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran dari <i>analytical balance</i> .
4	 <p style="text-align: center;"><b>Gas Argon</b></p>	Digunakan sebagai media gas inert agar proses pemanasan tidak terpengaruh udara dari luar.

Perangkat TGA dilengkapi dengan peralatan bantu yang berfungsi untuk mendukung preparasi sampel seperti *ultrasonic cleaner* dan *analytical balance* serta peralatan bantu *desicator* untuk menyimpan sampel. Fungsi dari masing-masing peralatan bantu dijabarkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Peralatan Bantu Sistem TGA

No.	Nama Alat	Fungsi dan Teknik Penggunaan
1	 <p style="text-align: center;"><b>Analytical Balance</b></p>	Perangkat yang digunakan untuk melakukan pengukuran massa sampel sebelum dan sesudah pemanasan.

6	 <p style="text-align: center;"><b>Desicator</b></p>	<p>Digunakan untuk penyimpanan sampel bebas air dan pengeringan padatan yang dilengkapi dengan bahan penyerap berupa gel silika.</p>
8	 <p style="text-align: center;"><b>Ultrasonik Cleaner</b></p>	<p>Digunakan untuk membersihkan sampel pelet bahan bakar pasca iradiasi dengan cara dimasukkan kedalam wadah berisi akudes dan diberikan gelombang ultrasonik.</p>

**B. Tata kerja**

Dalam pelaksanaan analisis dan identifikasi kerusakan pada perangkat TGA di *hotcell* ZG-108 dilakukan beberapa tahapan meliputi:

1. Mempelajari dokumen TGA HC ZG-108
2. Mempelajari gambar *wiring* diagram pada dokumen TGA HC-108
3. Menghidupkan alat-alat yang ada di *hotcell* ZG-108
4. Pengamatan secara visual dan pemeriksaan pada kontrol panel yang ada di *operating area*
5. Menganalisa kerusakan dari indikator yang ditunjukkan pada kontrol panel.
6. Memeriksa dan menganalisa kerusakan pada modul catu daya dan modul logika untuk identifikasi komponen-komponen yang rusak.

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

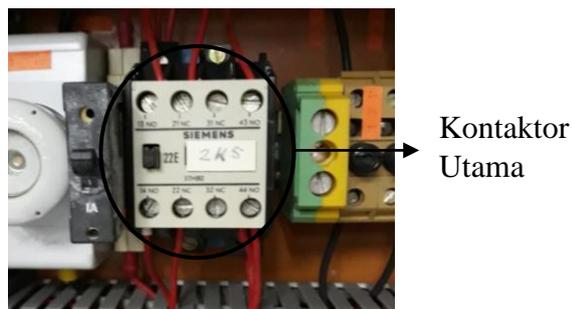
Proses identifikasi kerusakan perangkat TGA telah dilakukan dengan mengikuti tata kerja yang sudah dijabarkan pada bagian tata kerja. Proses identifikasi kerusakan dimulai dengan melakukan pemeriksaan terhadap sumber catu daya dengan memastikan nilai yang dibutuhkan dengan nilai yang dihasilkan sama yakni tegangan AC 220 volt. Setelah dilakukan pemeriksaan, diketahui bahwa tidak terjadi kerusakan

pada sumber catu daya sehingga dilakukan pemeriksaan selanjutnya dengan menghidupkan perangkat TGA menggunakan *Main Switch Knob* atau saklar utama. Sesuai dengan dokumen tentang cara kerja perangkat TGA, untuk dapat menyalakan perangkat saklar utama diputar dari posisi 0 menjadi posisi 1 seperti pada Gambar 3. Saat saklar utama diputar pada posisi 1 terjadi korslet yang berasal dari kontaktor utama di dalam kontrol panel yang terbakar. Kontaktor utama berfungsi sebagai penghubung atau pemutus arus yang dihasilkan dari tegangan AC 220 volt. Kontaktor utama yang digunakan merupakan tipe kontaktor Siemens dengan seri 22E yang memiliki tegangan input AC 220 volt yang terdiri atas 2 jenis terminal yakni terminal *Normally Open (NO)* dan *Normally Close (NC)* seperti terlihat pada Gambar 4. Terminal NC ketika bagian input tidak diberi tegangan berada pada keadaan terhubung sedangkan terminal NO ketika input diberikan tegangan baru akan terhubung. Kedua terminal pada kontaktor utama tidak dapat mengalirkan arus listrik (tidak terhubung) meskipun input diberikan tegangan yang sesuai yang menandakan lilitan magnetik yang ada didalam kontaktor rusak. Akibat rusaknya kontaktor utama, aliran arus listrik ke komponen elektronik yang ada di dalam kontrol panel tidak terpenuhi sehingga perangkat TGA tidak dapat menyala dan dioperasikan.



Gambar 3. Kontrol Panel alat TGA

Pemeriksaan secara terpisah dilakukan dengan mengambil komponen-komponen penting seperti kontrol suhu dan *timer* untuk mengidentifikasi kerusakan pada kontaktor utama apakah berpengaruh terhadap rusaknya komponen lain. Pemeriksaan kontrol suhu yang ada di dalam kontrol panel dilakukan dengan memberikan tegangan DC 24 volt dan memvariasikan arus pada bagian input sensor. Berdasarkan pemeriksaan tersebut kontrol suhu masih dapat berfungsi dengan baik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Kontaktor Utama alat TGA

Komponen lain yang terdapat di dalam kontrol panel yakni *timer* dilakukan dengan melepaskan semua kabel yang terhubung dengan komponen lain kemudian diberikan tegangan DC sebesar 24 volt. *Timer* dapat menyala dan difungsikan sebagaimana mestinya dengan mengatur detik, menit dan hari untuk dibandingkan dengan waktu sebenarnya. Selain kontrol suhu dilakukan pemeriksaan terhadap trafo, thermostat, dan komponen lain yang menunjukkan bahwa komponen masih berfungsi. Kesimpulan yang diterima bahwa kerusakan pada kontaktor utama tidak mengakibatkan kerusakan terhadap komponen-komponen lain.



Gambar 5. Kontrol suhu alat TGA

Identifikasi kerusakan dilanjutkan pada bagian regulator, dan *flow meter* gas Argon. Pemeriksaan dilakukan dengan menguji regulator dan *flow meter* menggunakan tabung berisi gas CO<sub>2</sub>. Setelah diperiksa, regulator gas Argon tidak mengalami kebocoran tetapi *flow meter* tidak menunjukkan perubahan pada penunjuk skala ketika diberi tekanan yang menandakan bahwa komponen tersebut rusak. Spesifikasi yang diperlukan untuk mengganti *flow meter* gas Argon adalah *flow meter* yang memiliki kapasitas laju aliran gas hingga 70 SCFH dan maksimum tekanan pada inlet sebesar 3000 PSIG

Adapun hasil analisis dan identifikasi kerusakan pada perangkat TGA setelah dilakukan pemeriksaan diketahui sebagai berikut:

1. Terjadi hubungan arus pendek yang menyebabkan komponen di dalam kontrol panel yakni kontaktor utama terbakar.

2. *Density Evaluation Computer* untuk menunjukkan log grafik diagram perubahan massa tidak menyala.
3. *Regulator* untuk mengatur tekanan gas Argon tidak mengalami kebocoran pada bagian katupnya.
4. Timbangan tidak dapat difungsikan dikarenakan panel *power supply* untuk timbangan rusak.
5. *Flow Meter* untuk mengukur tekanan dan laju aliran gas Argon tidak menunjukkan perubahan skala ketika diberi tekanan.
6. Kondisi timbangan di dalam *hotcell ZG-108* perlu ditinjau kembali ketika kontrol panel sudah diperbaiki.
7. *Furnace* yang terdapat di dalam *hotcell ZG-108* perlu ditinjau kembali ketika kontrol panel sudah diperbaiki.

Berdasarkan hasil analisis dan identifikasi kerusakan perangkat TGA yang sudah dijabarkan sebelumnya diperoleh langkah-langkah perbaikan sebagai berikut:

1. Melakukan dekontaminasi (proses membersihkan *hotcell* sehingga paparan radiasi di dalam berkurang dan memungkinkan seseorang masuk kedalam) *hotcell ZG-108* untuk melakukan intervensi kedalam dan melakukan pemeriksaan terhadap timbangan dan *furnace* yang ada didalam.
2. Mengganti kontaktor utama yang terbakar di dalam kontrol panel dengan kontaktor yang memiliki spesifikasi input tegangan AC 220 volt dengan arus 10A.
3. Melakukan pengecekan tabung gas Argon apakah mengalami kebocoran dan mengganti dengan yang baru apabila terjadi kebocoran.
4. Mengganti *flow meter* gas Argon yang dapat mengukur laju aliran gas hingga  $0.7\text{m}^3/\text{h}$
5. Mengganti *Density Evaluation Computer* menjadi penampil grafik hasil pengujian berbentuk digital.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan kegiatan analisa dan identifikasi diperoleh hasil bahwa kerusakan terjadi pada bagian kontaktor utama di dalam *Remote Box Control* (kontrol panel), *Density Evaluation Computer* dan *Flow meter* gas argon. Kondisi *furnace* dan timer belum dapat diidentifikasi karena memerlukan intervensi ke dalam *hotcell*. Intervensi dapat dilakukan jika *hotcell* sudah didekontaminasi. Perbaikan perangkat TGA dapat dilakukan dengan mengganti kontaktor utama yang korslet, mengganti *flow meter* gas

Argon dengan kapasitas laju aliran gas hingga 70 SCFH dan maksimum tekanan pada inlet sebesar 3000 PSIG serta mengganti *Density Evaluation Computer* dengan model digital.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wagner, M. *Thermal Analysis in Practice*, Munich: Hanser, 2018. pp 172-175
- [2] Hildal, K., Perepezko, J.H, *Metal and Alloys in Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2nd ed. Vol. 6. New York: Elsevier Science, 2018 p 787
- [3] Jose C, Abraham J, Kumar M, et al, *Instrumental Techniques for the Characterization of Nanoparticles in Thermal and Rheological Measurement Techniques for Nanomaterials Characterization*, New York: Elsevier Science, 2017, pp 29-31
- [4] Ivanov, S. Multiferoic complex oxides: Main features of preparation, structure, and properties. *Advanced Functional Materials in Science and Technology Atomic, Molecular, Condensed Matter & Biological Systems*, Vol. 2, New York: Elsevier Science, 2012, pp 163-238
- [5] Brown, *Introduction to Thermal Analysis*, 2nd ed. Vol.1. New York: Springer Verlag, 2001. pp 23-27
- [6] Setiabudi, A. Hardian, R. Mudzakir, A, "Karakterisasi Material", Bandung: UPI Press, 2012. pp 68 – 69
- [7] Sudrajad, A. Setiawan, I and Faisal, A, "Analisa Thermal Gravimetric Analysis Bahan Bakar Emulsi Air", *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 1, ISSN 2407-7852, 2015