

PENGUKURAN SIFAT TERMAL ALLOY ALUMINIUM FERO NIKEL MENGGUNAKAN ALAT *DIFFERENTIAL THERMAL ANALYZER*

Yanlinastuti, Sutri Indaryati
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN

ABSTRAK

PENGUKURAN SIFAT TERMAL ALLOY ALUMINIUM FERONIKEL MENGGUNAKAN ALAT *DIFFERENTIAL THERMAL ANALYZER*. Telah dilakukan analisis termal terhadap alloy Aluminium Fero Nikel (AlFeNi) dengan variasi kandungan Fe 1% dan 2% serta Ni 1% hingga 4% menggunakan Differential Thermal Analyzer (*DTA*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat termal seperti sifat kestabilan panas, entalpi, dan temperatur lebur alloy AlFeNi yang dapat digunakan sebagai kelongsong bahan bakar nuklir pengganti AlMg₂. Metode yang dilakukan adalah dengan pengukuran temperatur, entalpi dan aliran panas yang ditunjukkan berupa termogram *DTA*. Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa AlFeNi variasi kandungan Fe 1% dan 2% serta Ni 1% hingga 4% diperoleh bahwa hingga temperatur 640°C alloy tersebut sangat stabil terhadap panas. Namun pada temperatur 647,76°C sampai dengan 653,44°C terjadi reaksi endotermik dengan entalpi peleburan sebesar 243,419 J/g hingga 246,939 J/g. Reaksi eksotermik dicapai pada temperatur 690,09°C hingga 696,79°C dengan entalpi -90,143 J/g sampai dengan -97,417 J/g sedangkan kelongsong AlMg₂ mempunyai reaksi peleburan pada temperatur 648,63°C sehingga bila dibandingkan antara ke-dua alloy tersebut akan mempunyai sifat termal yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa paduan AlFeNi mempunyai karakter termal yang baik sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk dapat digunakan sebagai kelongsong bahan bakar.

Kata kunci : aluminium, *DTA*, fero, nikel, pengukuran, termal.

PENDAHULUAN

Pengembangan bahan berstruktur aluminium sebagai kelongsong dilakukan karena paduan aluminium memenuhi persyaratan spesifikasi. Pengembangan bahan struktur kelongsong ini diharapkan akan mendapatkan paduan logam yang memiliki kekuatan yang relatif baik guna mengimbangi sifat kekerasan bahan bakar densitas tinggi. Beberapa negara di dunia telah melakukan penelitian bahan struktur atau kelongsong sejalan dengan pengembangan bahan bakar maju berdensitas tinggi dan berorientasi kepada penggunaan uranium dengan pengkayaan rendah ^[1]. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh beberapa negara menunjukkan hasil bahwa paduan AlFeNi memiliki sifat kestabilan panas sifat mekanik dan ketahanan korosi yang baik. Penggunaan bahan bakar nuklir dengan densitas tinggi akan menyebabkan kandungan U²³⁵ dalam bahan bakar tersebut semakin meningkat sehingga dibutuhkan bahan struktur atau kelongsong yang mampu mengungkung bahan bakar tersebut dengan baik dan aman ^[2,3]. Seperti misalnya Reaktor riset G.A. Siwabessy Serpong

telah menggunakan bahan bakar jenis silisida U_3Si_2 -Al dengan tingkat pengkayaan \pm 20% telah menggunakan paduan $AlMg_2$ sebagai kelongsongnya.

Penggunaan $AlMg_2$ sebagai kelongsong bahan bakar U_3Si_2 -Al karena mempunyai sifat nuklir, sifat mekanik, sifat termal, sifat kimia dan sifat metalurgi yang baik serta harganya cukup ekonomis. Salah satu alternatif material yang dapat digunakan sebagai pengganti kelongsong $AlMg_2$ adalah paduan $AlFeNi$ dengan kandungan Fe dan Ni tertentu. Fungsi penambahan unsur Fe dan Ni dengan kandungan tertentu pada alloy $AlFeNi$ adalah untuk memberi kekuatan pada kelongsong bahan bakar, tahan terhadap korosi dan juga menambah ketahanannya pada temperatur tinggi tanpa menurunkan konduktivitas panasnya^[3,4]. Untuk itu perlu dilakukan analisis terutama sifat termal guna mengetahui seberapa besar kandungan Fe dan Ni yang harus ditambahkan kedalam Aluminium agar dapat digunakan sebagai kelongsong bahan bakar. Hipotesa dalam penelitian ini adalah variasi kandungan Fe di dalam bahan kelongsong diduga akan mempengaruhi karakteristik sifat termal dari $AlFeNi$ yang karena adanya penambahan logam Fe akan menyebabkan struktur kristal logam $AlFeNi$ semula menjadi berubah^[4].

Dalam penelitian ini dilakukan karakteristik termal alloy $AlFeNi$ dengan komposisi Fe 1% dan 2% serta Ni 1% hingga 4% pada temperatur 30-1000°C dengan laju pemanasan 10 °C/menit. Karakter termal yang akan dianalisis ini adalah besarnya komposisi persentase Fe dan Ni yang berpengaruh terhadap sifat termal bahan kelongsong, meliputi kestabilan panas, entalpi, serta temperatur lebur. Penentuan sifat termal dilakukan dengan menggunakan alat *Differential Thermal Analyzer (DTA)*. Prinsip dasar analisis termal adalah pengamatan pengaruh panas terhadap perubahan fisik dari bahan $AlFeNi$ yang diukur sebagai fungsi temperatur dan waktu. Analisis sampel dengan alat DTA yang berupa aliran panas ditampilkan berupa termogram puncak endotermik dan eksotermik dimana temperatur mulai terbentuknya puncak disebut sebagai onset temperatur dan titik akhir terbentuknya puncak disebut dengan top temperatur yang menunjukkan sebagai besarnya temperatur reaksi. Sedangkan luas puncak yang terbentuk menunjukkan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan oleh bahan^[5]. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami sifat termal alloy $AlFeNi$ yang berkaitan dengan kestabilan panas, entalpi dan temperatur lebur. Karakteristik tersebut merupakan parameter yang dapat digunakan sebagai langkah awal untuk mengetahui sifat termal alloy $AlFeNi$ yang akan digunakan untuk kelongsong bahan bakar sebagai pengganti paduan $AlMg_2$.

METODOLOGI

Peralatan dan Bahan

Pada kegiatan analisis termal paduan AlFeNi telah digunakan peralatan seperti Differential Thermal Analyzer (DTA) merk SETARAM 92, timbangan analitik, krusibel alumina, sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah gas Argon UHP 99,99% yang berfungsi sebagai gas *inert*, paduan logam AlFeNi dengan variasi Fe dan Ni tertentu.

Cara Kerja

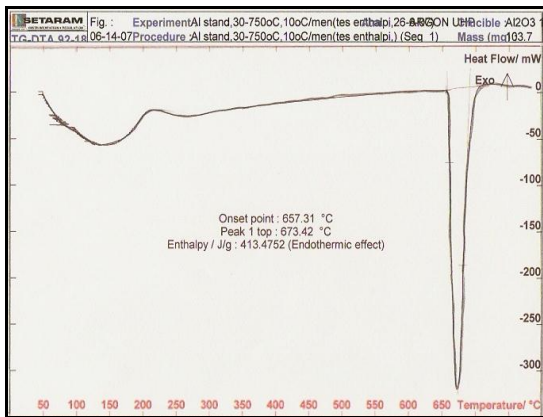
Bahan dengan komposisi Al, Fe dan Ni ditimbang sebesar 100 mg. Setelah diketahui beratnya di masukkan ke dalam krusibel alumina kemudian di masukkan ke dalam *chamber* DTA *rod* untuk divakum hingga tekanan mencapai 1×10^{-2} bar. Setelah kevakuman tercapai kemudian *chamber* dialiri dengan gas argon UHP dengan tekanan 2,5 bar. Differential Thermal Analyzer *rod* dipanaskan pada temperatur 30°C hingga 1500°C dengan kecepatan pemanasan $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$. Prosedur pengukuran sifat termal paduan lainnya dilakukan dengan cara yang sama seperti prosedur sebelumnya. Hasil analisis termal vahan ditampilkan berupa termogram DTA kemudian hasil tersebut dievaluasi untuk mengetahui entalpi, kestabilan panas dan temperatur reaksi termik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

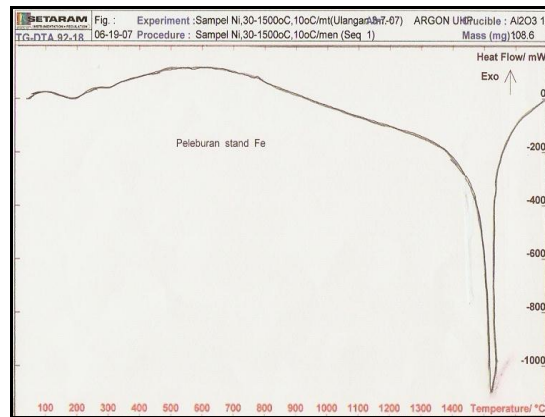
Pengamatan sifat termal terhadap bahan Al murni, Fe murni, Ni murni, kelongsong AlMg_2 , dan alloy AlFeNi pada berbagai variasi Fe dan Ni dengan menggunakan DTA. Evaluasi data pengujian yang ditampilkan berupa termogram DTA yang menunjukkan hubungan antara temperatur dan aliran panas akan tercatat secara otomatis pada sistem komputer yang telah terprogram. Hasil analisis yang diperoleh berupa besaran entalpi dan temperatur lebur dapat dilihat pada Tabel-1. Adanya perubahan aliran panas dengan terjadinya pembentukan puncak endotermik pada termogram DTA terlihat pada Gambar-1 sampai dengan Gambar-4.

Tabel-1. Data Temperatur Lebur dan Entalpi Logam Al, Fe, Ni dan AlMg_2

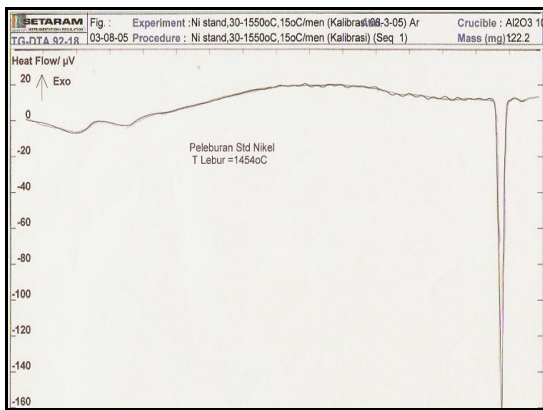
Logam	Temperatur Literatur ($^{\circ}\text{C}$)	Entalpi Literatur (J/g)	Temperatur Pengukuran ($^{\circ}\text{C}$)	Entalpi Pengukuran (J/g)
Al	658,5	396,9	657,31	413,47
Fe	1530	267,54	1535,2	273,84
Ni	1452	300,30	1454	303,24
AlMg_2	650,5	374,48	648,63	369,32



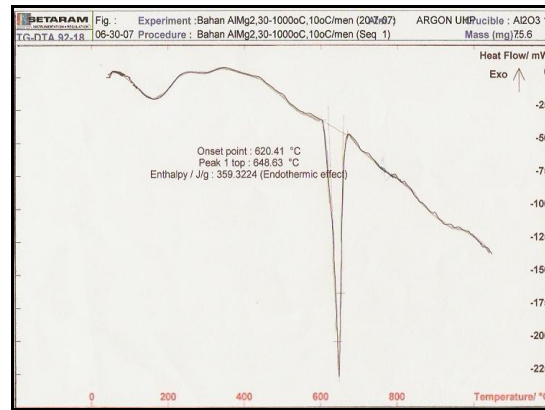
Gambar-1 : Termogram DTA Logam Al



Gambar-2 : Termogram DTA Logam Fe



Gambar-3 : Termogram DTA Logam Ni



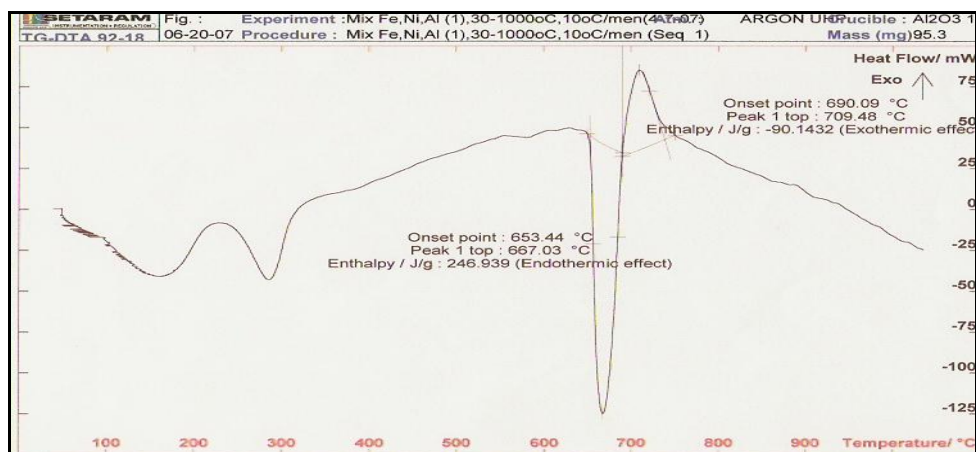
Gambar-4 : Termogram DTA Kelongsong AlMg₂

Evaluasi data pengujian yang ditampilkan berupa termogram DTA yang menunjukkan hubungan antara temperatur dan aliran panas akan tercatat secara otomatis pada sistem komputer yang telah terprogram. Pada Gambar-1 terlihat sifat termal dari logam Al murni mengalami reaksi peleburan pada temperatur 657,31°C yang ditandai dengan terbentuknya reaksi endotermik dengan entalpi yang dibutuhkan sebesar 399,45 J/g. Kemudian logam Fe murni pada temperatur 1535,2°C mengalami reaksi peleburan yang ditandai dengan terjadinya reaksi endotermik dengan entalpi yang dibutuhkan sebesar 273,84 J/g, ditunjukkan pada Gambar-2. Logam Ni murni mengalami reaksi peleburan pada temperatur 1454°C yang ditunjukkan dengan pembentukan reaksi endotermik dan panas yang dibutuhkan sebesar 303,24 J/g yang ditampilkan pada Gambar-3, sedangkan kelongsong AlMg₂ mengalami reaksi peleburan pada temperatur 648,63°C dan membutuhkan panas peleburan sebesar 369,32 J/g ditampilkan pada Gambar-4. Hasil analisis termal dengan menggunakan

alat DTA memberikan hasil yang relatif sama dengan besaran temperatur lebur dan entalpi yang ada pada sertifikat.

Tabel-2. Data Temperatur lebur dan Entalpi Alloy AlFeNi

No	Berat Fe (mg)	Berat Ni (mg)	Berat Al (mg)	Temperatur Reaksi Endotermik (°C)	Entalpi (J/g)	Temperatur Reaksi Eksotermik (°C)	Entalpi (J/g)
1	1,5	1	97,5	653,44	246,939	690,09	-90,143
2	1,5	2	96,5	652,09	246,038	691,29	-97,417
3	1,5	2,5	96	651,60	246,550	690,63	-96,596
4	2	1	97	649,15	261,580	696,79	-95,888
5	2	3	95	648,60	245,773	692,45	-92,837
6	2	4	94	647,76	243,419	692,45	-94,421



Gambar-5 : Termogram DTA Alloy AlFe Ni (1)

Selanjutnya pada Gambar-5 diperlihatkan bahwa alloy AlFeNi dengan variasi Fe (1,5 & 2,0%) dan Ni (1-4%) diperoleh hasil bahwa hingga temperatur 640°C alloy tersebut sangat stabil terhadap panas. Namun pada temperatur 647,76°C hingga 653,44°C diperoleh masing-masing dua reaksi termokimia yaitu reaksi endotermik dengan membutuhkan panas sebesar 243,419 J/g sampai dengan 246,939 J/g, sedangkan pada temperatur 690,09 °C hingga 696,79°C terjadi reaksi eksotermik dengan panas yang dibutuhkan sebesar -90,143 J/g sampai dengan -97,417 J/g. Hasil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel-2. Reaksi endotermik tersebut mengindikasikan telah terjadinya peleburan unsur Al dalam alloy AlFeNi dan lelehan unsur Al tersebut akan secara

langsung bereaksi dengan unsur Fe dan Ni pada temperatur 658,52°C hingga temperatur 696,79°C. Adanya reaksi secara langsung lelehan Al dengan Fe dan Ni ditunjukkan oleh reaksi eksotermik yang melepaskan sejumlah panas. Hal ini dapat diketahui dari alloy AlFeNi dengan komposisi 1 hingga 6 mempunyai temperatur lebur dan besaran entalpi yang hampir sama satu dengan yang lain, baik untuk reaksi endotermik maupun reaksi eksotermik. Dengan demikian dapat diketahui bila alloy-alloy tersebut mempunyai karakteristik termal yang hampir sama.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis menggunakan DTA alloy AlFeNi dengan komposisi 1 hingga 6 dapat disimpulkan untuk masing-masing paduan mengalami dua reaksi termokimia yaitu reaksi endotermik dan reaksi eksotermik dengan alat DTA ini dapat ditentukan temperatur lebur dari AlFeNi yang mengindikasikan mempunyai sifat termal seperti AlMg₂. Penambahan logam Fe 1 dan 2% dan Ni 1-4% tidak merubah sifat fisis alloy AlFeNi, bila dibandingkan dengan AlMg₂ dimana AlFeNi juga stabil terhadap panas hingga temperatur 653,44 °C, sedangkan AlMg₂ stabil sampai temperatur 648,63°C. Dengan demikian alloy AlFeNi yang bervariasi terhadap Fe dan Ni perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sehingga dapat digunakan sebagai kelongsong bahan bakar nuklir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. Yusuf Nampira yang telah memberi izin sehingga dapat dipublikasikan dan Ibu Ir. Aslina Br. Ginting yang senantiasa memberikan dorongan semangat, motivasi hingga terselesainya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. AL HASA M HUSNA, "Formasi Fasa dan Mikrostruktur Bahan Struktur Paduan Aluminium Fero Nikel Hasil Proses Sistesis", Buletin Triwulan Daur Bahan Bakar Nuklir, Vol 13. No 3, Juli 2007. ISSN 0852-4777.
2. ANDI HAIDIR, "Aplikasi Metode Elektrokimia untuk Pengukuran Laju Korosi paduan AlFeNi", Prosiding Seminar Pengelolaan Perangkat Nuklir, PTBN-BATAN, ISSN 1978-9858, Serpong, September 2007.

3. AL HASA M HUSNA, "Peningkatan Sifat Mekanik Bahan Struktur Paduan Aluminium Fero Nikel Dengan Penguatan Fasa Kedua Dan Struktur Butir", Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, Vol 14 No.1, Januari 2008. ISSN 0852-4777.
4. ASLINA BR GINTING, "Reaksi Termokimia Paduan AlFeNi Dengan Bahan Bakar U_3Si_2-Al ". Jurnal Teknologi Bahan Nuklir, PTBN-BATAN 2008, No ISSN 1907-2635.
5. SETARAM, Manual Operation Alat TG-DTA/DSC, France 1992.