

## PENGARUH PENAMBAHAN Mg TERHADAP KAPASITAS PANAS PADUAN AlFeNi

SUTRI INDARYATI, YANLINASTUTI, IIS HARYATI

*Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir  
Serpong, Tangerang, 15310*

### Abstrak

**PENGARUH PENAMBAHAN MG TERHADAP KAPASITAS PANAS PADUAN ALFENI.** Telah dilakukan pengukuran kapasitas panas terhadap paduan AlFe(3,5%)Ni(3%) dengan penambahan Mg bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perubahan kapasitas panasnya. Penambahan logam Mg diduga meningkatkan kestabilan dan kapasitas panas paduan tersebut. Pengukuran kapasitas panas pada paduan AlFeNi dilakukan dengan penambahan variasi komposisi Mg 1%, 2%, 5% dan 7%. Analisis dilakukan menggunakan peralatan Differential Scanning Calorimetri Type CS92 pada temperatur 30<sup>o</sup>C sampai 450<sup>o</sup>C dengan kecepatan pemanasan 5<sup>o</sup>C/ menit dan menggunakan media gas Argon UHP. Hasil analisis kapasitas panas menunjukkan bahwa penambahan Mg pada paduan meningkatkan panas paduan AlFe(3,5%)Ni(3%). Paduan AlFe(3,5%)Ni(3%) pada temperatur 55<sup>o</sup>C kapasitas panasnya 0,66 J/g<sup>o</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>o</sup>C sebesar 1,15 J/g<sup>o</sup>C, sedangkan untuk paduan AlFe(3,5%)Ni(3%)Mg(7%) pada temperatur 55<sup>o</sup>C kapasitas panasnya 0,77 J/g<sup>o</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>o</sup>C sebesar 1,33J/g<sup>o</sup>C.

*Kata kunci : kapasitas panas, AlFeNi-Mg*

### Abstract

**THE INFLUENCE OF MG ADDITION ON THE HEAT CAPACITY PERFORMANCE OF ALFENI ALLOY.** The heat capacity measurement of the AlFe(3,5%) Ni(3,0%) alloy by addition of Mg into the alloy have been performed in order to investigate the heat capacity change of the alloy. The Mg addition is predicted to increase the stability and heat capacity of the alloy. The Mg added into the AlFeNi alloy is varied at 1%,2%, 5%, and 7%. Heat capacity measurements is done in a Differential Scanning Calorimetry, Setaram Type CS92 at temperature of 30<sup>o</sup>C ~ 450<sup>o</sup>C, at the heating rate 5<sup>o</sup>C/min under the ultra high purity argon. The heat capacity analysis result show that the presence of Mg will improve the performance of the AlFeNi alloy. The original AlFeNi alloy show its heat capacity of 0,66 j/g<sup>o</sup>C at temperatur of 55<sup>o</sup>C and that of 1,15 j/g<sup>o</sup>C at temperatur of 437,18<sup>o</sup>C, while that of AlFeNi 7% Mg are 0,77 J/g<sup>o</sup>C and 1,33 J/g<sup>o</sup>C.

*Keywords: heat capacity, AlFeNi-Mg*

### PENDAHULUAN

Paduan logam aluminium banyak digunakan pada berbagai bidang industri, dalam industri nuklir digunakan dalam komponen struktur, terutama digunakan sebagai bahan kelongsong elemen bakar nuklir<sup>(1)</sup>. Saat ini sebagai bahan kelongsong yang digunakan dalam industri nuklir di Indonesai untuk elemen bakar produksi PT BATAN Teknologi yang digunakan di RSG-GA Siwabesy adalah AlMg<sub>2</sub> dengan angka muat uranium 2,96mg/cm<sup>3</sup>,

sedangkan dalam perkembangannya diperlukan penelitian bahan kelongsong untuk bahan bakar dengan tingkat muat tinggi. Kelongsong elemen bakar nuklir berfungsi untuk mengungkung keluarnya bahan nuklir dan hasil fisi ke pendingin primer yang terjadi saat reaksi nuklir di reaktor. Kelongsong bahan bakar nuklir harus memenuhi persyaratan khusus seperti sifat mekanik yang baik, ketahanan korosi sifat fisis dan kimia yang memadai serta mempunyai sifat penyerap netron yang rendah<sup>(2,3)</sup>. Sifat thermal kapasitas panas

merupakan parameter penting sebagai persyaratan untuk bahan kelongsong. Komposisi unsur paduan logam berpengaruh pada sifat thermal. Unsur magnesium memiliki sifat termal yang relatif baik, sehingga penambahan unsur Mg dalam paduan diharapkan akan meningkatkan sifat transformasi panas kelongsong sebagai bahan pengungkung bahan bakar yang relatif baik.

Paduan AlFeNi merupakan alternatif bahan kelongsong untuk bahan bakar dengan densitas tinggi. Dari kajian terdahulu bahan AlFeNi memiliki sifat kestabilan panas, sifat mekanik dan konduktivitas panas yang baik sehingga dipandang baik untuk digunakan sebagai kelongsong bahan bakar densitas tinggi<sup>(3)</sup>. Penelitian terdahulu telah dilakukan analisis kapasitas panas dengan variasi AlFeNi seperti ditunjukkan pada Tabel 1 dan hasilnya dituangkan pada Tabel-2.

Tabel -1 Komposisi paduan AlFeNi <sup>(1)</sup>

| Paduan | Al   | Fe  | Ni  | Keterangan  |
|--------|------|-----|-----|-------------|
| Mix 1  | 97,5 | 1,5 | 1,0 |             |
| Mix 2  | 96,5 | 1,5 | 2,0 |             |
| Mix 3  | 96,0 | 1,5 | 2,5 | Berat total |
| Mix 4  | 97,5 | 1,0 | 1,5 | 100 mg      |
| Mix 5  | 96,5 | 2,5 | 1,5 |             |
| Mix 6  | 95,0 | 3,5 | 1,5 |             |

Hasil analisis kapasitas panas pada Tabel 2 menunjukkan bahwa dari mix 1 sampai mix 6 diperoleh kapasitas panas yang hampir sama. Untuk mendapatkan bahan kelongsong bahan bakar yang kompatibel dengan bahan bakar yang dikungkungnya. maka kemudian dilakukan penelitian lanjutan dari penelitian di atas dengan memperbesar komposisi Fe dan Ni dengan kandungan Fe dan Ni hingga 3,5 % mempunyai karakter termal yang hampir sama sehingga dapat dinyatakan bahwa paduan AlFeNi dengan kandungan Fe dan Ni sekitar 3,5 % dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk kelongsong bahan bakar nuklir dengan densitas tinggi. Hal ini sesuai dengan yang terdapat di dalam literatur Mondolfo<sup>(4)</sup>. Penambahan unsur Mg diduga dapat meningkatkan kestabilan panas dan kapasitas panas paduan AlFeNi, untuk membuktikan

perlu dilakukan pengukuran kapasitas panas paduan AlFeNi dengan penambahan variasi unsur Mg.

Tabel 2. Kapasitas Panas (J/g<sup>0</sup>C) Paduan AlFeNi Variasi Kandungan Fe dan Ni<sup>(1)</sup>

| Temp (°C) | Kapasitas Panas (J/g <sup>0</sup> C) |       |       |       |       |       |
|-----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | Mix 1                                | Mix 2 | Mix 3 | Mix 4 | Mix 5 | Mix 6 |
| 54,80     | 0,76                                 | 0,74  | 0,75  | 0,69  | 0,68  | 0,68  |
| 75,05     | 0,78                                 | 0,76  | 0,76  | 0,78  | 0,72  | 0,76  |
| 95,31     | 0,76                                 | 0,70  | 0,76  | 0,77  | 0,74  | 0,70  |
| 115,43    | 0,87                                 | 0,80  | 0,88  | 0,88  | 0,85  | 0,80  |
| 135,61    | 0,95                                 | 0,87  | 0,95  | 0,94  | 0,94  | 0,87  |
| 155,77    | 0,99                                 | 0,93  | 0,99  | 0,98  | 1,00  | 0,93  |
| 175,90    | 1,03                                 | 0,98  | 1,03  | 1,02  | 1,04  | 0,98  |
| 196,04    | 1,07                                 | 1,03  | 1,07  | 1,06  | 1,07  | 1,03  |
| 216,13    | 1,10                                 | 1,06  | 1,11  | 1,09  | 1,09  | 1,06  |
| 236,33    | 1,10                                 | 1,07  | 1,12  | 1,10  | 1,09  | 1,07  |
| 256,47    | 1,09                                 | 1,05  | 1,11  | 1,09  | 1,07  | 1,05  |
| 276,60    | 1,05                                 | 1,01  | 1,08  | 1,05  | 1,04  | 1,14  |
| 296,71    | 1,01                                 | 0,97  | 1,04  | 1,01  | 1,01  | 1,08  |
| 316,79    | 0,98                                 | 0,93  | 1,02  | 0,97  | 0,99  | 1,03  |
| 336,90    | 0,98                                 | 0,92  | 1,01  | 0,96  | 0,99  | 1,01  |
| 356,97    | 1,01                                 | 0,94  | 1,04  | 0,98  | 1,02  | 1,02  |
| 377,02    | 1,07                                 | 1,00  | 1,10  | 1,04  | 1,09  | 1,06  |
| 397,11    | 1,14                                 | 1,06  | 1,17  | 1,11  | 1,16  | 1,11  |
| 417,23    | 1,18                                 | 1,09  | 1,21  | 1,15  | 1,20  | 1,14  |
| 437,35    | 1,10                                 | 1,00  | 1,13  | 1,09  | 1,13  | 1,09  |

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi: bahan kelongsong AlMg2, serbuk Al, Fe, Ni, dan Mg, dan Gas Argon UHP

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: timbangan analitis, alat *Differential Scanning Calorimetri (DSC)* merk SETARAM 92.

### Cara Kerja

Percobaan dilakukan terhadap pelat AlMg2, paduan serbuk AlFeNi dengan komposisi Fe 3,5%, dan Ni 3%, dan paduan AlFeNi yang ditambahkan unsur Mg dengan variasi % berat sehingga komposisi paduan AlFeNi-Mg diperoleh berat total 100 mg seperti pada Tabel-3, campuran serbuk dicampur homogen kemudian ditimbang dalam krusibel seberat 100mg, selanjutnya diukur kapasitas panasnya dengan alat *Differential*

Scanning Calorimetri (DSC) pada temperatur pengukuran 300C sampai 4500C, kecepatan pemanasan 50C/menit(5). Setelah pengukuran selesai, hasil analisis dievaluasi sehingga dapat diperoleh kapasitas panas paduan AlFeNi dan paduan AlFeNi dengan variasi kandungan Mg yaitu 1% ,2%, 5% dan 7% .

Tabel 3. Komposisi Pembuatan paduan AlFeNi-Mg

| Paduan     | Fe  | Ni  | Mg  | Al   | Ket                |
|------------|-----|-----|-----|------|--------------------|
| AlFeNi     | 3,5 | 3,0 | -   | 93,5 | Berat total 100 mg |
| AlFeNiMg 1 | 3,5 | 3,0 | 1,0 | 92,5 |                    |
| AlFeNiMg 2 | 3,5 | 3,0 | 2,0 | 91,5 |                    |
| AlFeNiMg 5 | 3,5 | 3,0 | 5,0 | 88,5 |                    |
| AlFeNiMg 7 | 3,5 | 3,0 | 7,0 | 86,5 |                    |

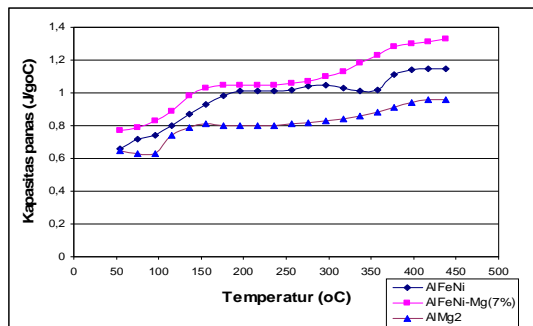
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan kelongsong yang digunakan untuk produksi elemen bakar di Indonesia saat ini adalah AlMg<sub>2</sub> ,dengan angka muat uranium

2,96g/Cm<sup>3</sup>. Berdasarkan Tabel 4 bahan paduan AlFe(3,5%)Ni(3%) mempunyai kapasitas panas lebih tinggi dari pada kapasitas panas AlMg<sub>2</sub>, hal ini membuktikan bahwa paduan AlFeNi(3,5%)Ni(3%) dapat digunakan untuk sebagai bahan kelongsong untuk angka muat diatas 2,96g/Cm<sup>3</sup>. Hasil pengukuran kapasitas panas paduan AlFe(3,5%)Ni(3%) tanpa penambahan Mg dan paduan AlFe(3,5%)Ni(3%) dengan variasi Mg 1%, 2%, 5% dan 7% Mg. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan Mg dalam paduan AlFe(3,5%)Ni(3%) menaikkan besaran kapasitas panas yaitu semakin besar penambahan Mg semakin besar kapasitas panasnya. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur semakin besar pula kapasitas panasnya dan dengan semakin besar penambahan Mg dalam paduan pada temperatur yang sama mempunyai kapasitas panas yang lebih besar pula.

Tabel 4. Hasil Pengukuran kapasitas Panas Terhadap Paduan AlFeNi-Mg

| Temp (°C) | Kapasitas Panas (J/g°C) |        |             |             |             |             |
|-----------|-------------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|           | AlMg <sub>2</sub>       | AlFeNi | AlFeNiMg 1% | AlFeNiMg 2% | AlFeNiMg 5% | AlFeNiMg 7% |
| 54,66     | 0,65                    | 0,66   | 0,66        | 0,67        | 0,68        | 0,77        |
| 75,02     | 0,63                    | 0,72   | 0,75        | 0,79        | 0,83        | 0,79        |
| 95,27     | 0,63                    | 0,74   | 0,74        | 0,77        | 0,78        | 0,83        |
| 115,64    | 0,74                    | 0,80   | 0,87        | 0,89        | 0,89        | 0,89        |
| 135,58    | 0,79                    | 0,87   | 0,94        | 0,97        | 0,98        | 0,98        |
| 155,77    | 0,81                    | 0,93   | 0,99        | 1,01        | 1,03        | 1,03        |
| 176,00    | 0,80                    | 0,98   | 1,02        | 1,03        | 1,05        | 1,05        |
| 196,07    | 0,80                    | 1,01   | 1,04        | 1,05        | 1,05        | 1,05        |
| 216,24    | 0,80                    | 1,01   | 1,06        | 1,07        | 1,05        | 1,05        |
| 236,28    | 0,80                    | 1,01   | 1,07        | 1,08        | 1,05        | 1,05        |
| 256,4     | 0,81                    | 1,02   | 1,05        | 1,07        | 1,06        | 1,06        |
| 276,5     | 0,82                    | 1,04   | 1,03        | 1,06        | 1,07        | 1,07        |
| 296,71    | 0,83                    | 1,05   | 1,00        | 1,06        | 1,10        | 1,10        |
| 316,79    | 0,84                    | 1,03   | 0,99        | 1,06        | 1,13        | 1,13        |
| 336,96    | 0,86                    | 1,01   | 1,00        | 1,07        | 1,18        | 1,18        |
| 356,93    | 0,88                    | 1,02   | 1,05        | 1,11        | 1,23        | 1,23        |
| 377,09    | 0,91                    | 1,11   | 1,13        | 1,17        | 1,28        | 1,28        |
| 397,14    | 0,94                    | 1,14   | 1,22        | 1,24        | 1,32        | 1,3         |
| 417,16    | 0,96                    | 1,15   | 1,26        | 1,27        | 1,31        | 1,31        |
| 437,18    | 0,96                    | 1,15   | 1,2         | 1,22        | 1,32        | 1,33        |



Gambar 1. Perbandingan Kapasitas Panas Antara AlMg<sub>2</sub>, AlFeNi dan AlFeNi-Mg(7%)

Paduan AlFe(3,5%)Ni(3%) pada temperatur 55°C kapasitas panasnya 0,66 J/g<sup>0</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>0</sup>C sebesar 1,15 J/g<sup>0</sup>C, AlFe(3,5%)Ni(3%)Mg(1%) pada temperatur 55°C kapasitas panasnya 0,66 J/g<sup>0</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>0</sup>C sebesar 1,20 J/g<sup>0</sup>C, AlFe(3,5%)Ni(3%) Mg(2%) pada temperatur 55°C kapasitas panasnya 0,67 J/g<sup>0</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>0</sup>C sebesar 1,22 J/g<sup>0</sup>C, AlFe(3,5%)Ni(3%) Mg(5%) pada temperatur 55°C kapasitas panasnya 0,68 J/g<sup>0</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>0</sup>C sebesar 1,32 J/g<sup>0</sup>C dan paduan AlFe(3,5%)Ni(3%)Mg(7%) pada temperatur 55°C kapasitas panasnya 0,77 J/g<sup>0</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>0</sup>C sebesar 1,33Jg<sup>0</sup>C seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Berdasarkan Gambar 1. terlihat besarnya kapasitas panas bahan AlMg<sub>2</sub> yang digunakan sebagai bahan kelongsong elemen bakar nuklir dan peningkatan kapasitas panas paduan AlFeNi dan paduan AlFeNi-Mg (7%), di mana paduan AlFeNi-Mg mempunyai kapasitas panas yang lebih tinggi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan Mg dalam paduan AlFe(3,5%)Ni(3%), meningkatkan kapasitas panasnya. Paduan AlFe(3,5%)Ni(3%) pada temperatur 55°C kapasitas panasnya 0,66 J/g<sup>0</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>0</sup>C sebesar 1,15 J/g<sup>0</sup>C, sedangkan untuk paduan AlFe(3,5%)Ni(3%)Mg(7%) pada temperatur 55°C kapasitas panasnya 0,77 J/g<sup>0</sup>C dan pada temperatur 437,18<sup>0</sup>C sebesar 1,33Jg<sup>0</sup>C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu Aslina Ginting atas bimbingan dan dukungannya dalam penulisan makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ASLINA GINTING, "Analisis Sifat Thermal Paduan AlFeNi Sebagai Kelongsong Bahan Bakar Reaktor Riset", Jurnal Teknologi Bahan Bakar Nuklir, PTBN-BATAN 2008, No ISSN 1907-2635
2. ASLINA GINTING, "Analisa Thermal Pelat Elemen Bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>-Al variasi Tingkat Muat Uranium", Presentasi Peneliti Muda P2TBDU, Serpong 19-20 November 2002
3. ASLINA GINTING, "Reaksi Termokimia Paduan AlFeNi Dengan Bahan Bakar U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>-Al", Jurnal Teknologi Bahan Bakar Nuklir, PTBN-BATAN 2008, No ISSN 1907-2635
4. L.E. MONDOLFO, Aluminium Alloy Structure and Properties, Butte Worths, London-Boston, halaman 532-945, 1976
5. SETARAM, Manual Operation Differential Thermal Analysis Type CS'92, Setaram Franc, 1992.