

# PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO PADUAN ZIRKONIUM-ALUMINIUM (Al-Zr).

Oleh : Achmad Gunawan\*, Pawawoi\*, Eli Y\*\*, Iman\*\*, Fera\*\* & Dini\*\*  
Jurusan Teknik Metalurgi

Paduan zirkonium banyak digunakan pada reaktor nuklir karena keunggulan dan sifat mekaniknya serta tahan korosi dalam air pada temperatur tinggi. Salah satu usaha untuk lebih meningkatkan sifat mekanik paduan zirkonium adalah dengan melakukan proses perlakuan panas  $\beta$ -quenching. Dalam penelitian ini telah dilakukan proses perlakuan panas pada logam paduan zirkonium hasil peleburan dengan menggunakan tungku pelelehan busur tunggal (*Single Arc Melting Furnace*).

Proses perlakuan panas dilakukan dengan cara memanaskan paduan zirkonium (Zr-Al) sampai temperatur pemanasan 900 °C dengan waktu penahanan 60 menit, kemudian di celup cepat (quenching) dengan menggunakan media air.

Hasil analisis dengan menggunakan mikroskop optik menunjukkan bahwa ingot hasil peleburan mempunyai struktur *dendrit* dan *parallel plate* dengan Struktur mikro hasil perlakuan panas adalah dendrit.

Untuk mengetahui nilai kekerasan paduan Zr-Al dilakukan uji kekerasan mikro vickers. Harga kekerasan hasil perlakuan panas untuk semua paduan berkisar antara 799,33 Hv sampai 890 Hv.

## PENDAHULUAN

Dalam era industrialisasi saat ini, penggunaan tenaga nuklir sangat bermanfaat untuk kehidupan manusia, misalnya untuk Pembangkit Tenaga Listrik. Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk kelongsong elemen bahan nuklir, khususnya reaktor daya adalah paduan zirkonium. Hal ini disebabkan karena zirkonium memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, yaitu titik cair yang tinggi, daya serap thermal kecil, kekuatan mekanik pada temperatur tinggi, serta ketahanan korosi yang baik.<sup>(1,2)</sup>

Pada dasarnya terdapat dua cara untuk meningkatkan unjuk kerja kelongsong elemen bakar nuklir, yaitu yang pertama dengan cara perlakuan panas (Heatreatment) dan yang kedua dengan memodifikasi paduan zirkonium. Memodifikasi paduan zirkonium dapat dilakukan dengan cara merubah komposisi unsur pepadunya dan atau mengembangkan paduan zirkonium baru.<sup>(1,3)</sup>

Dalam penelitian ini dilakukan proses perlakuan panas, yaitu serangkaian proses pemanasan dan pendinginan terhadap material dengan tujuan untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik tertentu dalam batas kemampuannya.

Proses perlakuan panas yang dilakukan dalam penelitian ini adalah perlakuan panas sampai pada temperatur 900 °C, kemudian ditahan selama 60 menit setelah itu dicelup cepat (quenching) ke dalam media pendingin air.

Untuk memudahkan analisa dan pembahasan, maka penelitian yang dilakukan ini terbatas pada :

1. Proses perlakuan panas pada temperatur 900 °C.
2. Media pendingin yang dipakai adalah air dengan temperatur kamar.
3. Pengujian mekanik yang dilakukan terbatas pada uji kekerasan.

## METODE PENELITIAN

Material awal yang digunakan untuk membuat paduan adalah :

1. Zirkonium dalam bentuk sponge dengan kemurnian 99%
2. Aluminium dalam bentuk sheet dengan kemurnian 99,99%

**Alat yang digunakan untuk percobaan**

1. Mesin las arc DCI  
 Tipe : Analog 300 A Cy 50  
 Merk : Miller  
 Buatan : Miller electric manufacturing co. Appleton, Luisconsin, USA.
2. Tabung gelas silica  
 Diameter luar : 51,5 mm  
 Diameter dalam : 47,5 mm
3. Pompa kolam  
 Kapasitas : 10l/menit

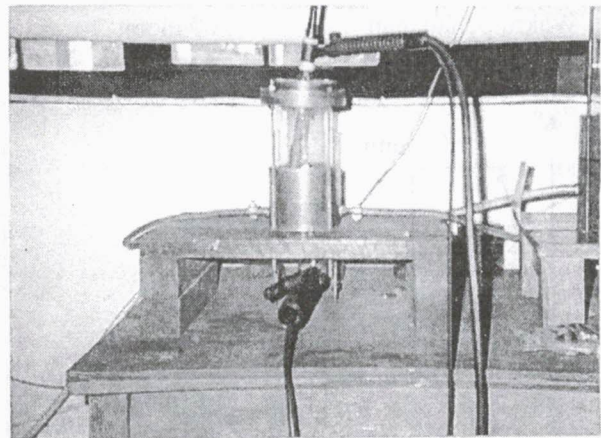
**Proses Pembuatan Paduan Zirkonium**

Dalam penelitian ini, semua material yang digunakan ditimbang dengan berat total masing-masing komposisi paduan 15 gram untuk membuat 4 komposisi paduan yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Bahan yang Digunakan untuk Percobaan

No	Paduan	Berat %		Berat (gram)	
		Zr	Al	Zr	Al
1	Zr-Al	90	10	13,5	1,5
2	Zr-Al	80	20	12	3

Gambar 1 merupakan tungku pelelehan busur tunggal (*single arc melting furnace*) LM-1 buatan Laboratorium Metalurgi PPTN-BATAN. Tungku ini digunakan dalam peleburan sponge zirkonium untuk membuat ingot kancing (*button*) zirkonium paduan. Unit peleburan terdiri atas satu tanur, satu tabung argon, satu pompa kolam berkapasitas 10l/menit dengan alat bantu saklar pijak dan perpipaan ledeng. DCEP digunakan dengan cara terminal negatif dihubungkan ke badan tanur yang didinginkan oleh air, dan terminal positif dihubungkan dengan elektroda tungsten. Ingot hasil peleburan dengan tungku pelelehan busur tunggal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tungku Pelelehan Busur Tunggal (*Single Arc Melting Furnace*)

Tabel 1. Parameter Proses Peleburan

Kapasitas crucible	15 gram
Diameter elektoda	1,6 mm
Bahan elektroda	W-ThO <sub>2</sub> 2%
Sudut elektroda	25°
Atmosfir	Gas argon
Laju alir gas argon	10l/menit
Arus pengelasan	100 ampere
Waktu peleburan	10-15 detik
Tegangan	10 volt
Tekana keluaran gas argon	1,2 kg/cm <sup>2</sup>

**Proses Perlakuan Panas**

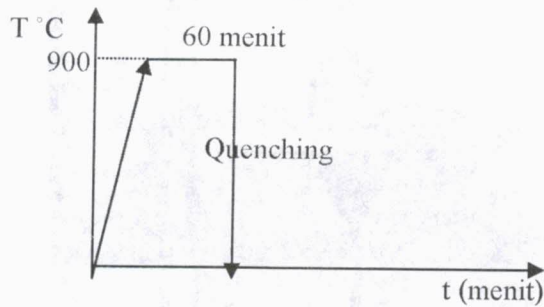
Proses perlakuan panas adalah serangkaian pemanasan dan pendinginan logam dengan temperatur, waktu dan media tertentu. Dilakukan dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan dalam batas-batas kemampuan logam.

Proses perlakuan panas terdiri dari bermacam-macam proses dengan cara yang berbeda-beda. Seperti yang dilakukan dalam penelitian ini adalah proses quenching.

Proses quenching dilakukan dengan tujuan terjadinya penguatan atau pengerasan logam melalui transformasi fasa  $\beta$  ke  $\alpha$ . Parameter proses yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Temperatur Pemanasan : 900 °C

- Waktu penahanan : 60 menit
- Media quenching : Air



Gambar 2. Proses Perlakuan Panas Quenching

### DATA DAN PEMBAHASAN

#### Data Hasil Pengujian Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan pada spesimen hasil coran dan proses perlakuan panas pada temperatur 900 °C, maka diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 di bawah ini.

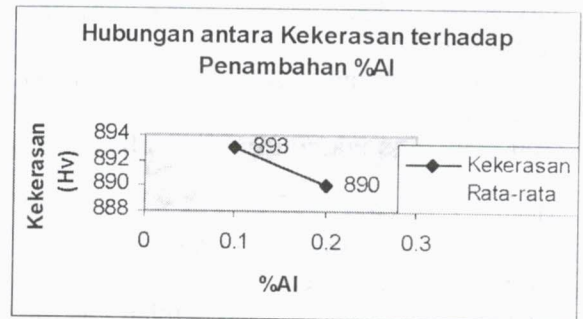
Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kekerasan Paduan Zr-10%Al

Urutan Proses	Kekerasan (Hv)			
	1	2	3	Rata-rata
Hasil Coran	966	823	890	893
Heat Treatment	890	890	966	915.33

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Kekerasan paduan Zr-20%Al

Urutan Proses	Kekerasan (Hv)			
	1	2	3	Rata-rata
Hasil Coran	890	890	890	890
Heat Treatment	890	890	890	890

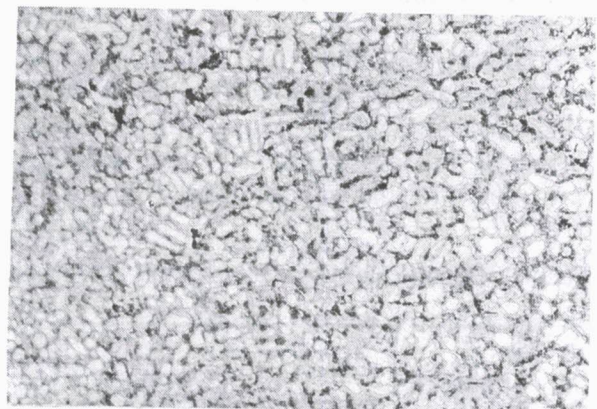
Dari Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dibuat grafik hubungan kekerasan terhadap penambahan % Aluminium (Al) pada spesimen hasil coran (as-cast) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.



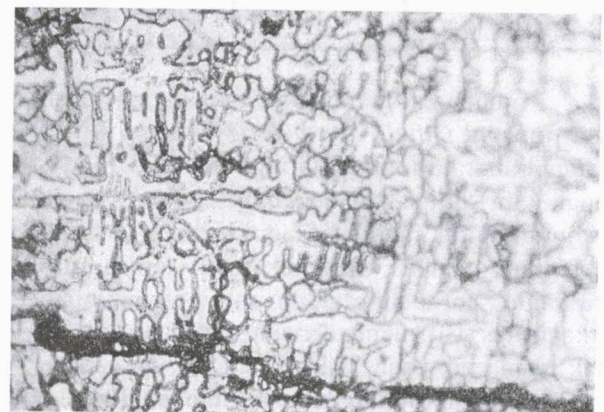
Gambar 3. Hubungan antara Kekerasan terhadap Penambahan % Al pada Paduan Zr-Al Kondisi Coran (as-cast)

#### Struktur Mikro

Hasil pemeriksaan struktur mikro dapat di lihat pada Gambar 4 sampai Gambar 5 di bawah ini.



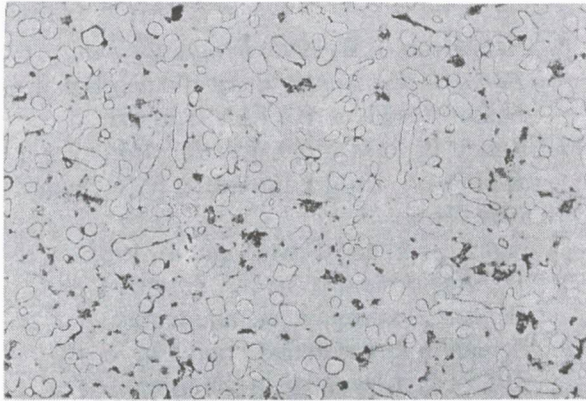
(a)



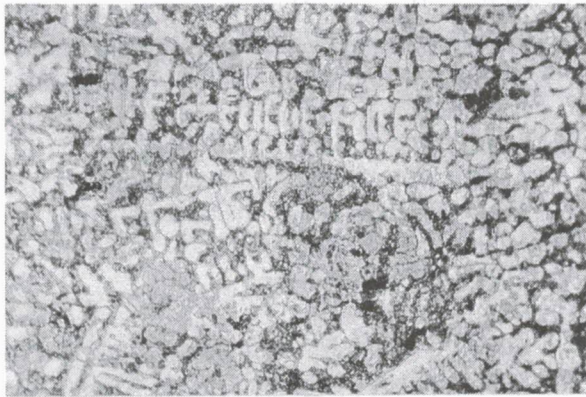
(b)

Gambar 4. Struktur Mikro Paduan Zr-Al Hasil Coran (As-cast)

- Paduan Zr-10%Al
- Paduan Zr-20%Al



(a)



(b)

Gambar 5 . Struktur Mikro Paduan Zr-Al Hasil Perlakuan Panas  $\beta$ -Quenching Pada Temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  dengan Waktu Penahanan 60 menit

- b. Paduan Zr-10%Al
- c. Paduan Zr-20%Al

## PEMBAHASAN

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan spesimen uji dalam menahan deformasi plastis, terhadap indenter uji keras pada spesimen hasil coran (as-cast) dan spesimen hasil perlakuan panas.

Dari data hasil kekerasan seperti yang telah ditunjukkan Tabel 3 dan Tabel 4, harga kekerasan spesimen hasil coran (as-cast) meningkat dengan bertambahnya unsur pepadu Al. Harga kekerasan tersebut untuk semua paduan berkisar antara 890 Hv sampai 893 Hv. Perubahan nilai kekerasan tersebut karena adanya rongga (void) pada interface Aluminium.

## Struktur Mikro

### A. Material Awal Hasil Coran (As-cast)

Material awal paduan zirkonium hasil peleburan dengan tungku pelelehan busur tunggal mempunyai struktur mikro *dendrit* dan *parallel plate*. Struktur mikro dendrit yang ada pada bahan hasil peleburan, berbentuk menyerupai cabang pohon. Terbentuknya struktur tersebut, terjadi pada saat proses pembekuan, yang disebabkan adanya daerah beku yang lebar, yaitu perbedaan temperatur antara mulai dan berakhirnya pembekuan yang lebar<sup>(12)</sup>. Mekanisme pertumbuhan struktur ini terjadi dari kristal-kristal dendrit yang tumbuh dari inti-inti dan pada saat pembekuan berakhir, dendrit-dendrit tersebut saling bertemu. Sedangkan struktur mikro *parallel plate* berkarakteristik bentuk plate panjang dan sejajar.

### B. Material yang Dipanaskan pada Temperatur $900^{\circ}\text{C}$ dan Dichelup Cepat (Quenching) Pada Media Air

Pada material yang dipanaskan sampai  $900^{\circ}\text{C}$  dengan holding time selama 60 menit fasa yang terbentuk yaitu dendrit. Ukuran dendrit pada 10% Al lebih besar bila dibandingkan dengan 20% Al. Padahal proses heatreatment ini bertujuan untuk mengubah struktur mikro dendrit hasil peleburan tersebut. Namun proses heatreatment tersebut tidak banyak mengubah struktur awal bahan, karena masih memperlihatkan struktur dendrit. Bentuk struktur dendrit yang tidak banyak berubah tersebut diduga karena tingginya temperatur dan lamanya pemanasan masih kurang untuk dapat melarutkan kristal-kristal pembentuk dendrit dan juga disebabkan waktu pendinginan yang tidak cukup untuk terjadinya proses difusi pada saat pembentukan butir.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari data dan pembahasan yang diperoleh maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Hasil peleburan dengan menggunakan tungku pelelehan busur tunggal (Single Arc Melting

- Furnace), menghasilkan ingot berbentuk botton
2. Struktur mikro material awal (As-Cast) mempunyai struktur dendrit dan parallel plate.
  3. Struktur mikro material hasil perlakuan panas mempunyai fasa yang berbentuk dendrit. Fasa ini terbentuk karena pendinginan yang cepat dan tingginya temperatur serta lamanya pemanasan masih kurang untuk melarutkan kristal-kristal pembentuk dendrit.
  4. Semua paduan zirkonium hasil perlakuan panas (celup cepat) mempunyai harga kekerasan yang tinggi, yang berkisar antara 890 Hv sampai 915,33 Hv.
  5. Semakin tinggi persen berat Al, maka kekuatan mekanik paduan tersebut semakin turun.

#### Saran

1. Agar dilakukan penelitian perlakuan panas lanjutan, dengan memvariasikan temperatur dan waktu pendinginannya. Hal ini perlu untuk melarutkan kristal-kristal pembentuk dendrit secara sempurna..
2. Agar dilakukan penelitian perlakuan panas tempering untuk mengurangi kerapuhan dan meningkatkan keuletan material dengan memvariasikan temperatur tempernya.
3. Perlu dilakukan pengujian korosi terhadap material hasil perlakuan panas quenching, agar dapat diketahui ketahanan korosi bahan setelah mengalami perlakuan panas.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Fizzoti, C.1984. *Principles of Nuclear Fuel Production*. Zirconium. Volume Two. Specialized Training Course For Batan's Personel. ENEA/BATAN.
2. Sudarsono Katam K, "Peranan Metal Zircaloy Dalam Industri Nuklir" Metalurgi, Jilid 2, 1982.
3. Djoko, H. P dan Dani G. S. 1997. *Pembuatan Paduan Zirkaloy Dengan Teknik Pelelehan Tungku Busur Tunggal*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi II. Serpong.
4. Sigit. 1995. *Bahan Dukung dan Struktur*. Pusat Elemen Bakar Nuklir-Pusdiklat. BATAN. Serpong.
5. Douglas, D. L. 1971. *The Metallurgy of Zirconium*. Atomic Energy Review. IAEA. Vienna.
6. Hersubeno, J. B. 1995. *Pengantar Daur Bahan Bakar Nuklir*. Pusat Elemen Bakar Nuklir-Pusdiklat. BATAN. Serpong.
7. Robert B, Ross. 1980. *Metallic Materials Handbook*. Thrid Edition E & F. N. Spon.. New York.
8. Perez, E. T., and E. M. Saggese. 1982. *Welding Structures in Gas Tungsten Arc Welded Zircalloy-4*. Metallography.
9. Benjamin Lustman and Frank Karze, JR. 1955. *The Metallurgy of Zirconium*. McGraw-Hill Book Company. Inc New York.
10. William F. Smith. 1990. *Principles of Material Science and Engineering*. 2<sup>nd</sup> Edition. McGraw-Hill Publishing Company. New York.
11. Surdia T, Chijhwa., *Teknik Pengecoran Logam*, Association for Internatiional Technical Promotion, Pradya Paramita, Jakarta, Indonesia, (1975).
12. *Diagram Fasa Biner*

\* Staff Pengajar Jurusan Teknik Metalurgi  
 \*\* Mahasiswa/i Jurusan Teknik Metalurgi