

PENGARUH HEAT TREATMENT TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADUAN Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe

Andi Chaidir

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK - PENGARUH HEAT TREATMENT TERHADAP KETAHANAN KOROSI PADUAN Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe. Telah dilakukan penelitian berupa pengujian ketahanan korosi paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh paduan zirkaloi baru yang akan digunakan sebagai kelongsong elemen bakar nuklir. Adapun sasaran penelitian ini adalah perolehan data sintesis peleburan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe. Paduan ini dibuat dengan mencampurkan konstituen serbuk paduan 2x30 menit lalu dikompaksi pada tekanan 1,2 ton/cm² maka diperoleh pelet. Pelet tersebut dilebur dengan menggunakan tungku peleburan (tungku busur listrik tunggal) kemudian dilakukan pemanasan dan pendinginan cepat (*quenching* dalam air, suhu awal 1050 °C, sampel kemudian dipotong dengan pisau intan (diamond blade) dengan ukuran 5x2x10 mm. Selanjutnya sampel dianil selama 2 jam pada suhu 500 °C, 600 °C, 700 °C dan 800°C. Uji korosi yang dilakukan dengan metode potensiodinamik memperlihatkan hasil yang berbeda untuk setiap perlakuan panas yang diberikan. Hasil yang diperoleh adalah bahwa heat treatment yang diberikan pada paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe berpengaruh terhadap arus korosi maupun laju korosi paduan. Laju korosi yang terendah diperoleh saat pemanasan dilakukan pada suhu 800 °C

Kata Kunci : Zircaloy, heat treatment, laju korosi

ABSTRACT - THE EFFECT OF HEAT TREATMENT OF Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe ON ITS CORROSION RESISTANCE. The research on determination of corrosion character of Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe has been done. It is hope that a new zircalloy formed can be used for nuclear fuel element cladding. The objective of this research is to gain corrosion rate data on melting synthesization of Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe. Zircaloy powder was formed by mixing the mentioned constituents along 2x30 minutes and compacted on the pressure of 1,2 ton/cm² then was melted in a single arc furnace upto 1050°C and quenched in water. After quenching, the sample was cut using a diamond blade to obtain some samples of sizes of 5x2x10 mm. The samples were subsequently annealed for 2 hours at temperature of 500 °C, 600 °C, 700 °C and 800 °C. Corrosion tests were carried out by using potentiometer dynamic method. The different results were shown from the each of heat treatment process. The heat treatment on Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe alloy has influenced the corrosion current and corrosion rate of the specimens. The lowest corrosion current and corrosion rate was found when heat treatment carried out at 800 °C.

Key words : Zircaloy, heat treatment, corrosion rate

I. PENDAHULUAN

Dalam industri nuklir, paduan zirkaloy telah digunakan cukup luas. Zry-2 misalnya digunakan untuk reaktor air mendidih (BWR) dan Zry-4 untuk air bertekanan (PWR) dengan temperature kelongsong masing-masing 349 °C untuk PWR dan 390 °C untuk BWR^[1]

Zirkaloi saat ini masih dikembangkan sebagai bahan struktur dan kelongsong pada reaktor air bertekanan (PWR). Pengembangan bahan struktur dan kelongsong bertujuan untuk mendapatkan bahan dengan ketahanan korosi dan kekuatan mekanik yang tetap baik pada saat iradiasi di reaktor^[2].

Zirkonium memiliki tampang lintang serapan neutron termal yang rendah yaitu 0,180 barn, titik lebur tinggi (1850 °C, kekuatan mekanik tinggi pada suhu tinggi, daya tahan korosi terhadap air dan uap air serta keberadaan dan kelimpahan di alam cukup besar.

Telah disintesa paduan^[3] Zr-Sn-Nb-Fe dan diperoleh hasil haduan yang baik yaitu tidak ada porositas, mampu quenching dan mampu rol. Paduan multi komponen Zr-Sn-Nb-Fe dikembangkan untuk bahan kelongsong dan bejana bertekanan yang tahan korosi.

Biasanya zirkonium yang digunakan ini dipadu dengan unsur lain sehingga memberikan sifat-sifat yang lebih baik seperti diinginkan^[4]. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan bahan kelongsong adalah sifat fisis, tampang lintang serapan neutron yang rendah, kekuatan mekanik yang stabil pada tekanan dan temperatur tinggi, ketahanan korosi pada temperatur tinggi, ketahanan terhadap kerusakan akibat radiasi dan mudah difabrikasi.

Dalam rangka memperbaiki efisiensi daya dari suatu elemen bakar maka perlu kiranya meningkatkan derajat bakar elemen bakar reaktor daya. Diharapkan derajat bakar elemen bakar reaktor daya dapat ditingkatkan hingga 70 GWD/t^[5].

Dengan demikian selain peningkatan efisiensi daya juga dapat dilakukan peningkatan kualitas kelongsong. Untuk merealisasikan maksud tersebut maka diperlukan perbaikan kualitas kelongsong dengan cara pengembangan bahan kelongsong baru dan dilakukan karakterisasi ketahanan korosi.

Salah satu paduan zirkaloi yang dikembangkan sebagai kelongsong alternatif adalah paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe. Paduan ini dapat dibuat dengan mencampur serbuk zirkonium (Zr), Niobium (Nb), Stannum (Sn) dan besi (Fe) dengan prosentase berat tertentu sampai homogen kemudian dikompakkan dan dilebur dalam tungku busur listrik tunggal.

II. TEORI

A. Paduan dan Perlakuan Panas

Paduan ZrNbSnFe tersusun atas : Zr 98%, Nb 1%, Sn 0,5% dan Fe 0,5%. Untuk homogenisasi padu digunakan metode pemanasan dan pendinginan cepat. Kelarutan unsur padu dalam fasa β zirkonium besar. Unsur padu dalam ingot zirkaloi kemungkinan tidak homogen. Untuk melarutkan unsur padu dan untuk homogenisasi, ingot dipanaskan pada temperatur fasa β zirkonium, yaitu pada temperatur antara 1000 – 1050 °C yang diikuti pendinginan cepat (quenching)^[6].

B. Uji Korosi Teknik Elektrokimia

Korosi secara umum didefinisikan sebagai kerusakan suatu bahan material akibat reaksi dengan lingkungan atau lepasnya elektron dari bahan material (logam) tersebut ke lingkungan serta terjadi pembentukan produk korosi yang berupa oksida logam tersebut. Uji korosi paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe dapat dilakukan dengan menggunakan Teknik Elektrokimia. Salah satu teknik dalam penentuan laju korosi yang umum dilakukan orang adalah dengan menggunakan sel elektrokimia (sel tiga elektroda). Metode ini dilakukan dengan cara pemberian potensial pada benda uji sehingga akan terjadi korosi yang dimulai dari reaksi katodik hingga reaksi anodik. Laju korosi dapat dilakukan dengan potensiodinamik yaitu dengan Plot Tafel maupun tahanan polarisasi. Harga laju korosi dapat diketahui dengan memasukkan harga I_{Corr} ke dalam rumus seperti tertera berikut ini:^[7]

$$CR(mpy) = 0,13 \cdot I_{Corr} \cdot EW / (A \cdot d)$$

Dimana :

CR = Corrosion rate (mpy)

Mpy = mili-inchi peryear

A = luas permukaan (cm²)

d = densitas (gram/cm³)

EW = Berat ekuivalen (gram/ekivalen)

0,13 = faktor konversi

I_{Corr} = Arus korosi ($\mu A/cm^2$)

III. METODOLOGI

Ditimbang Zr seberat 29,4 gr. Ditambahkan berturut-turut nb 0,3000 gr, Sn 0,1500 gr, Fe 0,1500 gr lalu dihomogenisasi dengan cara mencampur dan mengaduk selama 2x30 menit lalu dikompaksi pada tekanan 1,2 ton/cm². Pelet yang diperoleh dilebur dengan menggunakan tungku peleburan (tungku busur listrik tunggal). Kemudian dilakukan pendinginan cepat (quenching dalam air, suhu pemanasan 1050 °C)

sampel kemudian dipotong dengan pisau intan (diamond blade) dengan ukuran 5x2x10 mm. Selanjutnya sampel dipanaskan selama 2 jam pada suhu 500 °C, 600 °C, 700 °C dan 800 °C. Uji korosi dilakukan dengan metode potensiodinamik menggunakan alat potensiostat. Benda uji yang telah diampas sampai halus dengan amplas grid 550 diexposure selama 3 menit. Elektroda pembantu yang terbuat dari karbon yang tidak terkontaminasi ion-ion dalam elektrolit dipasang disusul dengan memasukkan elektroda *reference*

Ke dalam sel korosi yang berisi air demin. Sel korosi kemudian dihubungkan dengan potensiostat dan pengolah data. Laju dan arus korosi baik dengan metode plot tafel maupun dengan polarisasi resistens dapat diketahui.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

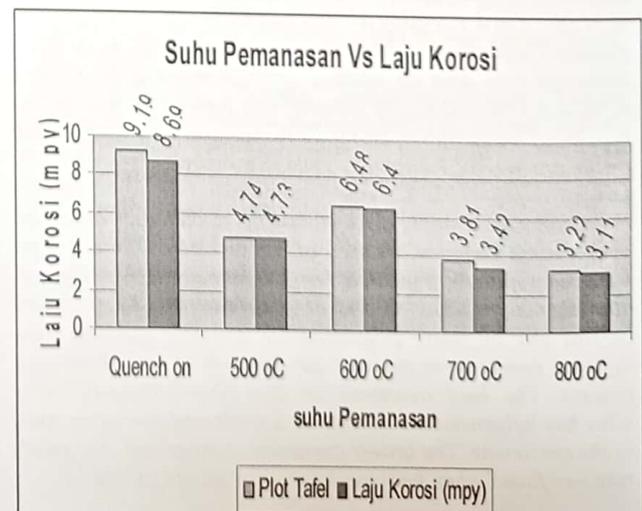
A. Hasil

Laju Korosi dan arus korosi paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe pada perlakuan quench dan pemanasan 500 °C, 600 °C, 700 °C dan 800 °C ditunjukkan pada tabel 1, gambar 1 dan gambar2.

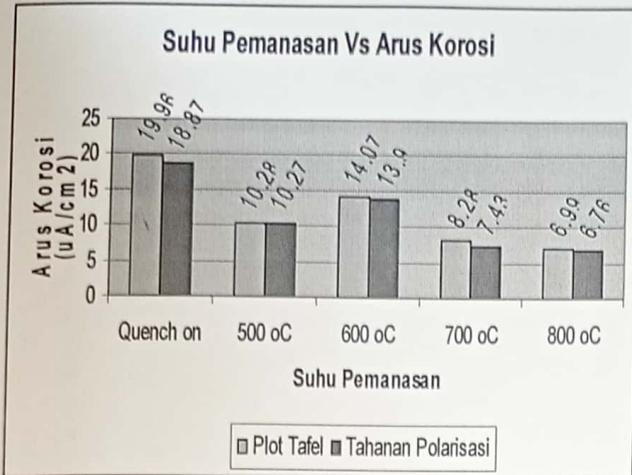
TABEL 1. PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP LAJU KOROSI DAN ARUS KOROSI PADUAN ZR-1%NB-0,5%SN-0,5%FE

Perlakuan Panas	Plot Tafel LK (mpy)	Tapol LK (mpy)	Plot Tafel I corr ($\mu A/Cm^2$)	Tapol I corr ($\mu A/Cm^2$)
Quench	9,19	8,69	19,96	18,87
Pemanasan 500 °C	4,74	4,73	10,28	10,27
Pemanasan 600 °C	6,48	6,4	14,07	13,90
Pemanasan 700 °C	3,81	3,42	8,28	7,43
Pemanasan 800 °C	3,22	3,11	6,99	6,76

Ket : LK = Laju Korosi
Tapol = Tahanan Polarisasi



Gambar 1. Pengaruh Suhu Pemanasan Terhadap laju korosi PaduanZr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe



Gambar 2. Pengaruh Suhu Pemanasan terhadap arus korosi paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe

B. PEMBAHASAN

Pada tabel 1 nampak adanya pengaruh pemanasan terhadap laju korosi dan arus korosi. Paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe yang diquench tanpa anil memperlihatkan laju korosi yang cukup tinggi yakni 9,19 mpy (plot tafel) dan 8,69 mpy (tahanan polarisasi). Laju korosi paduan hasil quench yang dianil pada suhu 500 °C mengalami penurunan 4,74 mpy (plot Tafel) dan 4,73 mpy (tahanan polarisasi). Laju korosi paduan hasil quench yang dianil pada suhu 600 °C mengalami kenaikan yaitu 6,48 mpy (Plot tafel) dan 6,4 (tahanan polarisasi). Laju korosi paduan hasil hasil quench yang dianil pada suhu 700 °C mengalami penurunan yaitu 3,81 mpy (Plot Tafel) dan 3,42 mpy (tahanan polarisasi) Laju korosi paduan hasil quench yang dianil pada suhu 800 °C mengalami penurunan yaitu 3,22 mpy (Plot Tafel) dan 3,11 mpy (tahanan polarisasi). Naik dan turunnya laju korosi pada paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe boleh jadi disebabkan karena terjadinya perubahan tegangan sisa. Sementara tegangan sisa dipengaruhi oleh perlakuan panas yang diberikan. Perbedaan perlakuan panas yang diberikan dapat menimbulkan perbedaan kemampuan terdifusinya atom apakah terdifusi atau tersubstitusi

Naik dan turunnya laju korosi pada prinsipnya dapat dipengaruhi oleh terbentuknya fase kedua yang mungkin ter bentuk pada permukaan bahan. Juga ikut berpengaruh elektronegativitas atau potensial komponen penyusun bahan tersebut. Adapun arus

korosi terlihat pada tabel 1 adanya hubungan antara laju korosi dengan arus korosi yakni semakin besar arus maka laju korosipun bertambah . Itu berarti laju korosi berbanding lurus dengan arus korosi. Hal itu dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$CR(\text{mpy}) = 0,13 \cdot I_{\text{Corr}} \cdot EW/(A \cdot d)$$

Luas permukaan butir semakin besar sehingga menyulitkan terjadinya dislokasi.

V. KESIMPULAN

Uji korosi dilakukan dengan metode potensiodinamik memperlihatkan hasil yang berbeda untuk setiap perlakuan panas yang diberikan . Hasil yang diperoleh adalah bahwa heat treatment yang diberikan pada paduan Zr-1%Nb-0,5%Sn-0,5%Fe berpengaruh terhadap arus korosi maupun laju korosi paduan. Laju korosi yang terendah diperoleh saat pemanasan dilakukan pada suhu 800 °C. Adapun laju korosi yang di peroleh menunjukkan adanya hubungan yang berbanding lurus dengan arus korosi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] LAMBERT, J.D.B., and STRAIN, R., "Oxide fuels", Vol. 10A, Materials science and Technology, VHC, p.121, Germany,.
- [2] SUGONDO, Pengaruh Perlakuan Panas Pada Regangan dan Tegangan Sisa Paduan Zr-1%Sn-1%Nb-1%, Jurnal Teknologi Bahan Nuklir, Vol. 3 No.2, hal 62, ISSN 1907-2635, Juni 2007.
- [3] Thomazet, J., and FRAGEMA, "Zirconium alloy Corrosion Behaviour and Development" Technical Committee on Fundamental Aspects of Corrosion of Zirconium Base Alloys in Water Reactor Environments , pp. 249-256, IAEA, Portland, 11-15 September, 1989.
- [4] SIGIT, "Bahan Dukung dan Struktur", Diklat Teknologi Industri Bahan Bakar Nuklir, hal. 11, Serpong, 10-26 Juli 1995.
- [5] HARBOTTLE, J.E., and STASSER, A.A., 1994 "Towards Failure - Free ", fuel Review 1994, Nuclear Engineering Interational, pp 28 - 30, 1994.
- [6] FIZZOTI, C., "Principles of Nuclear Fuel Production" Vol. 2, Specialized Training Course for BATAN's Personnel, pp.42-47, ENEA/BATAN, 1984.
- [7] ANONYM, "EG&G Princeton Applied Research, Basic of Corrosion Measurement, Application Note-1, USA, 1982.